



УДК 616.133+616.132.2] - 089:616.89-008.46/47

DOI 10.17802/2306-1278-2023-12-2-24-34

## ВЛИЯНИЕ ПРЕДОПЕРАЦИОННОГО КОГНИТИВНОГО РАССТРОЙСТВА НА ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА У ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ ОДНОМОМЕНТНОЕ ВМЕШАТЕЛЬСТВО НА КАРОТИДНЫХ И КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЯХ

И.В. Тарасова, Д.С. Куприянова, О.А. Трубникова, А.С. Соснина, И.Д. Сырова,  
И.Н. Кухарева, О.В. Малева, С.В. Иванов, О.Л. Барбараш

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

### Основные положения

- Наличие предоперационного умеренного когнитивного расстройства у пациентов, перенесших одномоментное вмешательство на каротидных и коронарных артериях, ассоциировано с выраженным послеоперационным увеличением тета-активности во фронтальных и парието-окципитальных отделах обоих полушарий.

|                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Цель               | Изучено влияние предоперационного когнитивного расстройства на изменения электрической активности головного мозга у больных, перенесших одномоментное вмешательство на каротидных и коронарных артериях.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Материалы и методы | В исследовании участвовали 63 пациента, перенесших одномоментно каротидную эндартерэктомию и коронарное шунтирование с применением искусственного кровообращения. В зависимости от предоперационного состояния когнитивных функций участники разделены на три группы: без когнитивного расстройства ( $n = 17$ ), с умеренным ( $n = 29$ ) и тяжелым ( $n = 17$ ) когнитивным расстройством. Электроэнцефалография высокого разрешения (62 канала, полоса пропускания 0,1–50,0 Гц, частота дискретизации 1 000 Гц) проведена за 3–5 дней и на 7–10-е сутки после вмешательства.                                                                                                                      |
| Результаты         | Установлено, что до операции у пациентов с тяжелым когнитивным расстройством показатели тета-активности во фронтальных отделах левого полушария были выше, чем у лиц без когнитивного расстройства и с умеренным когнитивным нарушением ( $p = 0,048$ ). При этом после вмешательства у пациентов с умеренным когнитивным расстройством наблюдалось максимально выраженное увеличение тета-активности по сравнению с предоперационным уровнем во фронтальных и парието-окципитальных отделах коры левого и правого полушарий ( $p \leq 0,05$ ). Тогда как у лиц с тяжелым когнитивным расстройством послеоперационные изменения тета-ритма были минимальны и не достигали статистической значимости. |
| Заключение         | Пациенты без тяжелых форм предоперационного когнитивного дефицита после одномоментного вмешательства на каротидных и коронарных артериях демонстрируют большую выраженность мозговой дисфункции по показателям тета-активности фронтальных и парието-окципитальных областей коры мозга. При этом меньшая выраженность изменений тета-ритма после операции у больных с тяжелым предоперационным когнитивным расстройством, с одной стороны, может быть индикатором компенсации хронической ишемии головного мозга и устойчивости к гипоперфузии при искусственном кровообращении, с другой – проявлением потолочного эффекта и недостаточности функциональных резервов.                               |
| Ключевые слова     | Когнитивные расстройства • Электроэнцефалограмма • Ишемия мозга • Одномоментное вмешательство • Коронарные артерии • Сонные артерии                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

Поступила в редакцию: 16.01.2023; поступила после доработки: 04.03.2023; принята к печати: 05.04.2023

Для корреспонденции: Ирина Валерьевна Тарасова, taraiv@kemcardio.ru; адрес: Сосновский бульвар, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002

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

IMPACT OF PREOPERATIVE COGNITIVE IMPAIRMENT  
ON CHANGES IN ELECTRICAL ACTIVITY OF THE BRAIN IN PATIENTS  
UNDERGOING COMBINED CAROTID ENDARTERECTOMY  
AND CORONARY ARTERY BYPASS GRAFTING

I.V. Tarasova, D.S. Kupriyanova, O.A. Trubnikova, A.S. Sosnina, I.D. Syrova,  
I.N. Kukhareva, O.V. Maleva, S.V. Ivanov, O.L. Barbarash

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

Highlights

- The presence of preoperative mild cognitive impairment (MCI) in patients undergoing combined carotid endarterectomy and coronary artery bypass grafting is associated with an increased theta activity at the frontal and parieto-occipital regions of both hemispheres after surgery.

|            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aim        | To study the impact of preoperative cognitive impairment on changes in electrical activity of the brain in patients undergoing combined carotid endarterectomy and coronary artery bypass grafting.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Methods    | Sixty-three patients undergoing combined carotid endarterectomy (CAE) and coronary artery bypass grafting (CABG) were included in the study. The patients were divided into three groups, depending on the preoperative cognitive functions: without cognitive impairment (n = 17), with MCI (n = 29), and with severe cognitive impairment (n = 17). High-resolution electroencephalography (EEG) (62 channels, bandpass filtered between 0.1–50.0 Hz, sampling rate of 1000 Hz) was performed 3–5 days before and 7–10 days after surgery.                                                                |
| Results    | Patients with severe cognitive impairment at baseline presented with higher theta activity at the frontal region of the left hemisphere compared to patients without cognitive impairment and patients with MCI (p = 0.048). At the same time, patients with MCI showed the most pronounced theta activity increase after surgery compared to preoperative levels at the frontal and parieto-occipital cortical regions of both the left and right hemispheres (p≤0.05). Postoperative changes of theta activity in patients with severe cognitive impairment were minimal and statistically insignificant. |
| Conclusion | Patients without severe preoperative cognitive impairment presented with higher grade brain dysfunction in the form of increased theta activity at the frontal and parieto-occipital regions after combined CAE and CABG. A smaller decrease in theta power after surgery in patients with severe preoperative cognitive impairment, on the one hand, can indicate compensation after cerebral ischemia and resistance to hypoperfusion during on-pump cardiac surgery, and on the other, can be a manifestation of the ceiling effect and insufficiency of brain functional reserves.                      |
| Keywords   | Cognitive disorders • Electroencephalogram • Cerebral ischemia • Combined carotid endarterectomy • Coronary artery bypass grafting                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

Received: 16.01.2023; received in revised form: 04.03.2023; accepted: 05.04.2023

Список сокращений

ТКР – тяжелое когнитивное расстройство      ЭЭГ – электроэнцефалограмма  
УКР – умеренное когнитивное расстройство

Введение

Сочетанная сердечно-сосудистая патология, в частности гемодинамически значимое поражение коронарного и каротидного артериальных бассейнов, ассоциирована с максимальным риском не-

благоприятных клинических исходов, в том числе сосудистой деменции [1, 2]. Сосудистая деменция – тяжелое заболевание, характеризующееся нарушениями множества когнитивных функций и утратой самостоятельного функционирования, обусловлена

прогрессирующим атеросклерозом, приводящим к диффузному повреждению головного мозга [3]. Умеренные когнитивные расстройства (УКР) у больных сердечно-сосудистой патологией являются переходной стадией между сохранным когнитивным функционированием и сосудистой деменцией. Пациенты с УКР имеют сниженный уровень качества жизни и приверженности к лечению [4, 5]. Ранее в популяционных исследованиях показано, что стенозы сонных артерий выступают независимым фактором риска когнитивных расстройств, а для больных, направленных на кардиохирургические вмешательства, характерна 50% частота встречаемости УКР до операции [6–8]. Выявление когнитивных расстройств на предоперационном этапе важно, так как эти пациенты нуждаются в наблюдении и включении когнитивного дефицита в качестве одного из критериев при расчете периперационного риска. Наличие предоперационного когнитивного расстройства может негативно сказываться на послеоперационных изменениях когнитивного статуса больных [9]. Особую значимость это приобретает для когорты лиц, направленных на одномоментную реваскуляризацию каротидных и коронарных артерий. Однако до сих пор выявлению когнитивных расстройств не уделяется должное внимание в повседневной клинической практике.

Возможности цифровой электроэнцефалографии с постобработкой данных могут быть востребованы для обнаружения изменений в функционировании мозга, ассоциированных с когнитивными расстройствами и деменцией [7, 10, 11]. Показана высокая информативность показателей низкочастотной тета-активности (4–7 Гц) в электроэнцефалограмме (ЭЭГ) покоя у пациентов с когнитивными расстройствами [7, 12]. Продемонстрировано, что тета-активность потенциально может представлять собой ранний маркер мозговой дисфункции у людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями [7]. Выдвинуто предположение, согласно которому увеличение мощности биоэлектрических потенциалов тета-диапазона служит признаком функционального разобщения областей мозга, отвечая за корковую дисфункцию на системном уровне [13]. Объектом возрастающего интереса со стороны исследователей являются также особенности топографии мозгового повреждения, возникающего вследствие комплекса факторов, сопровождающих кардиохирургическое вмешательство [9, 14]. Возникающая вследствие искусственного кровообращения мозговая гипоперфузия может способствовать развитию множественных повреждений во фронтальных и париетальных регионах коры, так называемых зонах водораздела – концевых ветвях соседствующих крупных мозговых артерий [15]. При этом установлено, что нарушения кровоснаб-

жения во фронтальных и париетальных отделах мозга ассоциированы со снижением функций внимания и исполнительного контроля [16, 17]. Также существуют данные, свидетельствующие о том, что для пациентов с длительно существующими и симптомными цереброваскулярными нарушениями характерны сосудистая дисрегуляция и изменения взаимосвязей мозгового кровотока и когнитивных функций [18].

Принимая во внимание вышесказанное, цель настоящего исследования заключалась в изучении влияния предоперационного когнитивного расстройства на изменения мощности биоэлектрических потенциалов тета-диапазона у пациентов, перенесших одномоментное вмешательство на каротидных и коронарных артериях (каротидную эндартерэктомию и коронарное шунтирование). Учитывая особенности топографии мозговой перфузии при операциях с применением искусственного кровообращения, мы также анализировали данные во фронтальных и парието-окципитальных областях левого и правого полушарий.

## Материалы и методы

### *Пациенты*

В исследование включены 63 плановых больных кардиологического отделения ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», которым решением мультидисциплинарной бригады (сердечно-сосудистый и эндоваскулярный хирурги, кардиолог, анестезиолог, невролог) на основании современных рекомендаций по ведению пациентов с заболеваниями брахиоцефальных артерий и при реваскуляризации миокарда, а также опыта учреждения показана одномоментная операция (каротидная эндартерэктомия и коронарное шунтирование) с использованием искусственного кровообращения. Исследование одобрено этическим комитетом Института и соответствовало Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации, все пациенты подписали добровольное информированное согласие. Из исследования исключены больные с наличием в анамнезе жизнеугрожающих нарушений ритма, сердечной недостаточности IV функционального класса по классификации Нью-Йоркской кардиологической ассоциации (NYHA), тяжелой сопутствующей патологии (хронической обструктивной болезни легких, злокачественных новообразований), психических заболеваний и регулярного употребления психоактивных веществ.

Пациентам проведены клиническо-инструментальное и неврологическое обследования, назначена стандартная терапия в соответствии с национальными клиническими рекомендациями. Для эхокардиографии и оценки стенозирующих поражений

экстрамозговых артерий использовано оборудование экспертного класса (Vivid 7; GE Medical Systems, США). Многослойная спиральная компьютерная томография выполнена для выявления структурных нарушений головного мозга, наличие которых считали основанием для исключения из исследования.

Состояние когнитивных функций оценено с помощью скринингового нейропсихологического инструмента, модифицированной русскоязычной версии Монреальской шкалы когнитивной оценки (MoCA). Согласно MoCA (от 0 до 30) сумма баллов более 26 указывает на нормальное состояние когнитивных функций, 26–24 балла – на УКР, менее 24 баллов – на тяжелые когнитивные расстройства (ТКР) [19, 20]. На основании проведенного нейропсихологического скрининга все обследованные лица разделены на три группы: без предоперационного когнитивного расстройства (n = 17), с УКР (n = 29) и ТКР (n = 17). Клинико-anamнестические показатели в изучаемых группах представлены в таблице.

**Нейрофизиологическое исследование**  
Монопольная регистрация ЭЭГ (62 канала, полоса пропускания 0,1–50,0 Гц, частота дискретизации 1000 Гц) проведена в состоянии покоя с закрытыми глазами в положении сидя. ЭЭГ регистрировали с помощью системы Neuvo SynAmps2 (Compumedics, Шарлотт, Северная Каролина, США) с использованием модифицированной 64-канальной шапочки с Ag/AgCl-электродами, расположенными в соответствии с международной системой 10–10 (QuikCap; Neurosoft, Эль-Пасо, Техас, США). Референтный электрод был закреплен на переносице, а заземляющий – в центре лба. Электродное сопротивление составило <10 кОм. Для анализа отобрано 30 безартефактных эпох ЭЭГ длительностью 2 000 мс, сегменты ЭЭГ с наличием мышечной или другой артефактной активности исключены из дальнейшего анализа. В соответствии с задачами исследования расчет показателей мощности биопотенциалов ЭЭГ выполнен в тета-диапазоне (4–6 Гц), далее проанализированы усредненные показатели во фронтальных (Fp1/2, AF3/4,

ОРИГИНАЛЬНЫЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ

Клинико-anamнестические характеристики пациентов, направленных на одномоментное вмешательство на каротидных и коронарных артериях, с наличием и отсутствием предоперационного когнитивного расстройства  
Clinical and anamnestic characteristics of patients with and without preoperative cognitive impairment referred for combined carotid endarterectomy and coronary artery bypass grafting

| Показатель / Variable                                                                                                                  | Пациенты без предоперационного когнитивного расстройства / Patients without preoperative cognitive impairment, n = 17 | Пациенты с УКР / Patients with MCI, n = 29 | Пациенты с ТКР / Patients with SCI, n = 17 | P    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|------|
| Возраст, годы / Age, years, Me [Q1; Q3]                                                                                                | 63 [60; 66]                                                                                                           | 61 [58; 66]                                | 66 [58; 71]                                | 0,5  |
| Мужчины/женщины / Men/women, n (%)                                                                                                     | 14/3 (82/18)                                                                                                          | 24/5 (83/17)                               | 15/2 (88/12)                               | 0,8  |
| Уровень образования / Education, n (%):<br>среднее и среднее специальное /<br>secondary and specialized secondary<br>высшее / higher   | 12 (70,5)<br>5 (29,5)                                                                                                 | 26 (89)<br>3 (11)                          | 14 (82)<br>3 (18)                          | 0,3  |
| Фракция выброса левого желудочка / Left ventricular ejection fraction, %, Me [Q1; Q3]                                                  | 64 [54; 67]                                                                                                           | 62,5 [54; 68]                              | 64 [51; 68]                                | 0,9  |
| ФК стенокардии / Angina FC, n (%)<br>0–I<br>II<br>III                                                                                  | 3 (17)<br>11 (66)<br>3 (17)                                                                                           | 3 (10)<br>23 (80)<br>3 (10)                | 2 (12)<br>9 (53)<br>6 (35)                 | 0,27 |
| ФК ХСН по NYHA / NYHA HF FC, n (%)<br>0–I<br>II<br>III                                                                                 | 1 (6)<br>16 (94)<br>0                                                                                                 | 5 (17)<br>24 (83)<br>0                     | 0<br>17 (100)<br>0                         | 0,49 |
| Постинфарктный кардиосклероз / Post MI cardiosclerosis, n (%)                                                                          | 9 (52)                                                                                                                | 19 (65,5)                                  | 6 (35)                                     | 0,75 |
| Сахарный диабет 2-го типа / Type 2 diabetes mellitus, n (%)                                                                            | 4 (23,5)                                                                                                              | 10 (34,5)                                  | 7 (41)                                     | 0,47 |
| Средний процент стеноза сонных артерий / Average percentage of carotid artery stenosis, Me [Q1; Q3]:<br>слева / left<br>справа / right | 57,5 [20; 75]<br>72 [42,5; 82]                                                                                        | 78,5 [41; 80]<br>62,5 [30; 81]             | 71 [45; 90]<br>65 [47; 77]                 |      |
| Анамнез острых нарушений мозгового кровообращения / Stroke history, n (%)                                                              | 3 (17)                                                                                                                | 6 (20,6)                                   | 4 (23,5)                                   | 0,8  |

**Примечание:** УКР – умеренное когнитивное расстройство; ФК – функциональный класс; ХСН – хроническая сердечная недостаточность; NYHA – Нью-Йоркская кардиологическая ассоциация.  
**Note:** HF –heart failure; FC – functional class; MCI – mild cognitive impairment; NYHA – New York Heart Association; SCI – severe cognitive impairment; MI – myocardial infarction.



F1/2, Fp3/4, Fp5/6, F7/8) и парието-окципитальных (PO3/4, PO5/6, PO7/8, O1/2) областях левого и правого полушарий. Для нормализации данных проведено их логарифмирование с применением десятичного логарифма ( $\log_{10}$ ).

#### Статистический анализ

Все виды статистического анализа полученных данных проводили при помощи программного пакета STATISTICA 10.0 (StatSoft, Inc., США). Нормальность распределения количественных клинико-анамнестических показателей оценена с помощью критерия Колмогорова – Смирнова, в связи с их ненормальным распределением применен непараметрический критерий Манна – Уитни. Качественные клинико-анамнестические показатели проанализированы с помощью критерия  $\chi^2$  с поправкой Йетса.

Нормализованные ЭЭГ-показатели обработаны с помощью дисперсионного анализа (ANOVA) с коррекцией статистической значимости поправкой Гринхауза – Гейссера, далее взаимодействия факторов проверены методом плановых контрастов.

#### Результаты

Проведен дисперсионный анализ с повторными измерениями с использованием межсубъектного фактора ГРУППА (три уровня: без предоперационного когнитивного расстройства, с УКР и ТКР) и внутрисубъектных факторов: ВРЕМЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ (два уровня: до/после операции), ОБЛАСТЬ (два уровня: фронтальная и парието-окципитальная) и ЛАТЕРАЛЬНОСТЬ (два уровня: левое/правое полушарие).

Установлена значимость таких факторов, как ВРЕМЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ ( $F_{(1; 60)} = 19,4$ ,  $p \leq 0,0001$ ), ОБЛАСТЬ ( $F_{(1; 60)} = 49,6$ ,  $p \leq 0,0001$ ) и ЛАТЕРАЛЬНОСТЬ ( $F_{(1; 60)} = 7,6$ ,  $p = 0,009$ ). Анализ факторов показал более высокие значения тета-активности в послеоперационном периоде кардиохирургического вмешательства по сравнению с предоперационным уровнем, более высокие показатели в парието-окципитальных отделах коры, чем во фронтальных, а также более высокий уровень тета-ритма в левом полушарии, чем в правом. Однако более важной для анализа влияния предоперационного когнитивного расстройства на изменения тета-активности головного мозга у пациентов, перенесших одномоментное вмешательство на каротидных и коронарных артериях, являлась значимость взаимодействия факторов ГРУППА  $\times$  ВРЕМЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ  $\times$  ОБЛАСТЬ  $\times$  ЛАТЕРАЛЬНОСТЬ –  $F_{(2; 60)} = 3,7$ ,  $p = 0,03$ .

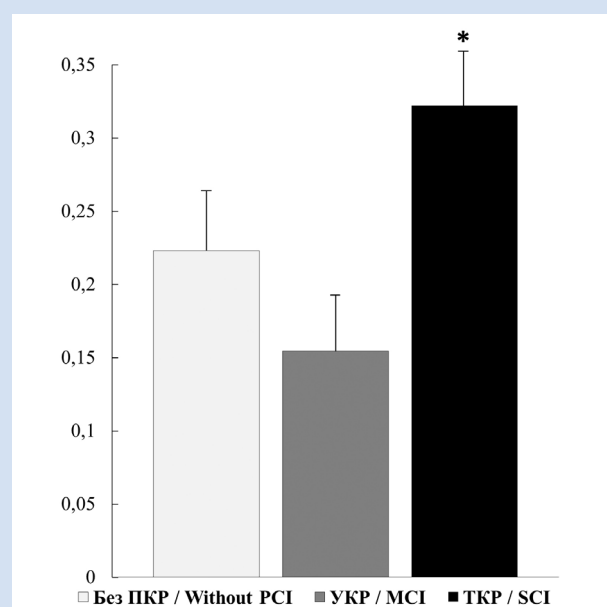
Обнаружено, что до операции у пациентов с ТКР показатели тета-активности во фронтальных отделах левого полушария были выше, чем у

лиц без когнитивного расстройства и с УКР ( $p = 0,048$ ), рис. 1.

При этом у пациентов с УКР наблюдалось пространственное послеоперационное увеличение тета-активности по сравнению с предоперационным уровнем, оно было статистически значимым как для фронтальных, так и парието-окципитальных отделов коры как левого, так и правого полушария ( $p \leq 0,05$ ), рис. 2.

Как видно на рис. 2, у больных без признаков когнитивного расстройства зарегистрированы схожие изменения тета-активности после операции, но их распространение ограничивалось фронтальными отделами левого и правого полушарий, а также парието-окципитальным – в левом полушарии ( $p \leq 0,05$ ). В то время как у пациентов с ТКР послеоперационные изменения были минимальны и не достигали статистической значимости.

Также установлено, что у пациентов без предоперационного когнитивного расстройства и с УКР соотношение активности передних и задних отделов мозга на частоте тета-ритма оставалось стабильным как в левом, так и правом полушарии. Только у пациентов с ТКР наблюдались статисти-



**Рисунок 1.** Дооперационные показатели мощности биопотенциалов тета-ритма во фронтальных отделах левого полушария в зависимости от наличия предоперационного когнитивного расстройства у пациентов, направленных на одномоментное вмешательство на каротидных и коронарных артериях

**Примечание:** \* различия показателей в группах со статистической значимостью  $p < 0,05$ . ПКР – предоперационное когнитивное расстройство; ТКР – тяжелое когнитивное расстройство; УКР – умеренное когнитивное расстройство.

**Figure 1.** Baseline theta rhythm at the frontal area of the left hemisphere, depending on the presence of preoperative cognitive impairment in patients referred for combined carotid endarterectomy and coronary artery bypass grafting

**Note:** \* differences in indicators in the SCI group compared to the MCI and without PCI groups with a statistical significance  $p < 0.05$ . MCI – mild cognitive impairment; PCI – preoperative cognitive impairment; SCI – severe cognitive impairment.

чески значимые различия между фронтальными и парието-окципитальными отделами после одномоментного вмешательства ( $p = 0,018$ ).

## Обсуждение

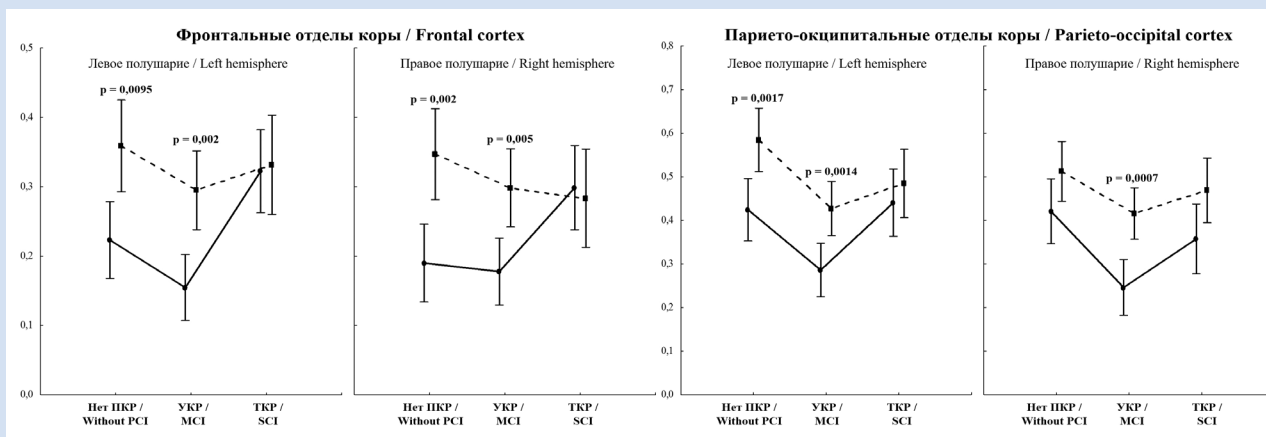
Согласно результатам настоящего исследования, наиболее распространенное послеоперационное увеличение тета-активности как во фронтальных, так и парието-окципитальных отделах обоих полушарий наблюдается у пациентов с УКР. Схожие, но чуть менее выраженные изменения отмечены у больных без предоперационного когнитивного расстройства. В то время как пациенты с ТКР, несмотря на исходно худшую ЭЭГ-картину, демонстрируют минимальные изменения тета-ритма после операции. Ранее отмечено, что увеличение тета-активности в ЭЭГ покоя отражает мозговую дисфункцию и может быть значимым маркером долгосрочного когнитивного ухудшения, что подчеркивает важность ее выявления [9, 10]. Атеросклероз мозговых сосудов приводит к существенным цереброваскулярным изменениям, включая эндотелиальную дисфункцию, периваскулярное повреждение, ригидность церебральных сосудов и недостаточность мозгового кровотока [21, 22]. Эти неблагоприятные события в совокупности вызывают нейрональные нарушения, атрофию тканей и разрушение нейронных сетей, что в конечном итоге приводит к большей представленности в ритмической мозговой активности низкочастотных ритмов [23, 24]. Особенно уязвимы к церебральной гипоперфузии фронтальные и парието-окципитальные отделы коры [15, 25].

Меньшая выраженность мозговой дисфункции у пациентов с предоперационным ТКР, с одной сто-

роны, может быть индикатором сформировавшихся к моменту реваскуляризации компенсаторных механизмов вследствие длительно существующей хронической ишемии головного мозга и лучшей устойчивости к гипоперфузии при искусственном кровообращении. С другой стороны, может указывать на потолочный эффект, при котором независимый фактор в виде обширного кардиохирургического вмешательства не оказывает усугубляющего влияния на мозговые функции более определенного уровня.

Известно, что реваскуляризация мозга и миокарда приводит к восстановлению доставки кислорода и питательных веществ к ранее ишемизированной ткани. Возникающий каскад биохимических реакций с генерацией активных форм кислорода и перестройкой процессов нейротрансмиссии может даже усилить ишемическое повреждение нейронов, однако этот процесс, вероятно, является преходящим и устраняется после уменьшения отека и улучшения метаболизма нервных клеток [26, 27]. Можно предполагать, что пациенты без тяжелых форм предоперационного когнитивного дефицита демонстрируют большую выраженность синдрома реперфузии и, как следствие, мозговой дисфункции, но и имеют большую способность к последующему восстановлению за счет функционального резерва. В то же время наличие тяжелых нарушений когнитивного статуса ассоциировано с дисрегуляцией цереброваскулярной гемодинамики. Усиление мозгового кровотока у таких больных не обеспечивает улучшение когнитивного функционирования [18].

В работе О.В. Малевой и соавт. [28] подчеркнута необходимость учета пред- и послеоперационного клинического статуса пациентов с асимптомным



**Рисунок 2.** Показатели мощности биопотенциалов тета-ритма в зависимости от наличия предоперационного когнитивного расстройства до и после одномоментного вмешательства на каротидных и коронарных артериях

**Примечание:** сплошная линия – дооперационные значения, прерывистая – после операции. ПКР – предоперационное когнитивное расстройство; ТКР – тяжелое когнитивное расстройство по сравнению с дооперационными значениями; УКР – умеренное когнитивное расстройство.

**Figure 2.** Theta rhythm depending on the presence of preoperative cognitive impairment, before and after combined carotid endarterectomy and coronary artery bypass grafting

**Note:** solid line – before surgery, dashed line – after surgery. MCI – mild cognitive impairment; PCI – preoperative cognitive impairment; SCI – severe cognitive impairment.

атеросклерозом брахиоцефальных сосудов, одномоментно перенесших каротидную эндалтерэктомию и коронарное шунтирование. Показано, что острое нарушение мозгового кровообращения в раннем послеоперационном периоде развилось в 3–7,5% случаев, причем чаще послеоперационные осложнения наблюдались у лиц без предоперационных нарушений когнитивного статуса. В настоящем исследовании пациенты с ТКР были несколько старше, имели более выраженную коморбидность, в том числе случившиеся нефатальные инсульты, однако эти межгрупповые различия в клинико-анамнестических показателях не достигли статистической значимости. Тем не менее это могло быть причиной исходно большей выраженности когнитивного дефицита и мозговой дисфункции.

Ограничения настоящего исследования включают небольшую выборку и высокую коморбидность в группе с ТКР, что требует дальнейших исследований. Важным шагом будет повторение полученных результатов в большей когорте и долгосрочное отслеживание когнитивных и клинических траекторий. Это может привести к совершенствованию методов выявления когнитивных расстройств и определению точных нейрофизиологических механизмов, которые ответственны за снижение когнитивных функций.

### Заключение

Анализ изменений электрической активности головного мозга у пациентов, перенесших одномоментное вмешательство на каротидных и коронарных артериях, позволил установить, что больные без тяжелых форм предоперационного когнитивного дефицита демонстрируют большую выраженность мозговой дисфункции согласно показателям тета-активности во фронтальных и парието-окци-

питальных областях коры мозга. При этом меньшая выраженность изменений тета-ритма после операции у пациентов с тяжелым предоперационным когнитивным расстройством может быть не только индикатором компенсации хронической ишемии головного мозга и устойчивости к гипоперфузии при искусственном кровообращении, но и проявлением потолочного эффекта и недостаточности функциональных резервов.

### 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. А.С. Соснина заявляет об отсутствии конфликта интересов. И.Д. Сырова заявляет об отсутствии конфликта интересов. И.Н. Кухарева заявляет об отсутствии конфликта интересов. О.В. Малева заявляет об отсутствии конфликта интересов. С.В. Иванов и О.Л. Барбараш входят в редакционную коллегию журнала «Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний».

### Финансирование

Исследование проведено при поддержке фундаментальной темы НИИ КПССЗ «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» (научный руководитель – академик РАН О.Л. Барбараш), № госрегистрации 122012000364-5 от 20.01.2022.

### 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

### Author Information Form

*Tarasova Irina V.*, 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

*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.*, 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

*Соснина Анастасия Сергеевна*, кандидат медицинских наук 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

*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

*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

*Малева Ольга Валерьевна*, старший 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** 0000-0001-7980-7488

*Иванов Сергей Васильевич*, доктор медицинских наук ведущий научный сотрудник лаборатории рентгенэндоваскулярной и реконструктивной хирургии сердца и сосудов отдела хирургии сердца и сосудов федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-9070-5527

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

*Sosnina Anastasia S.*, PhD, 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

*Syrova Irina D.*, 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** 0000-0003-4339-8680

*Kukhareva Irina N.*, 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

*Maleva Olga V.*, Senior 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** 0000-0001-7980-7488

*Ivanov Sergey V.*, MD, PhD, Leading Researcher at the Laboratory of Endovascular and Reconstructive Cardiovascular Surgery, Department of Cardiovascular Surgery, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-9070-5527

*Barbarash Olga L.*, 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, получение, анализ и интерпретация данных исследования, написание 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

**САС** – 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

**КИН** – получение и интерпретация данных 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 collection, analysis and interpretation, manuscript writing, 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

**SAS** – 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

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



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

*ИСВ* – 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

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

*ISV* – data 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. Тарасов Р.С., Казанцев А.Н., Иванов С.В., Бурков Н.Н., Ануфриев А.И., Барбараш Л.С. Хирургическое лечение мультифокального атеросклероза: патология коронарного и брахиоцефального бассейнов и предикторы развития ранних неблагоприятных событий. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2017; 16(4): 37-44. doi: 10.15829/1728-8800-2017-4-37-44
2. Yang Z., Wang H., Edwards D., Ding C., Yan L., Brayne C., Mant J. Association of blood lipids, atherosclerosis and statin use with dementia and cognitive impairment after stroke: A systematic review and meta-analysis. Ageing research reviews. 2020;57:100962. doi: 10.1016/j.arr.2019.100962.
3. Akhter F., Persaud A., Zaokari Y., Zhao Z., Zhu D. Vascular dementia and underlying sex differences. Front Aging Neurosci. 2021;13:720715. doi: 10.3389/fnagi.2021.720715.
4. Anderson N.D. State of the science on mild cognitive impairment (MCI). CNS spectrums 2019;24(1):78-87. doi: 10.1017/S1092852918001347.
5. Zhen X., Wang L., Yan H., Tao H., Cai Y., Wang J., Chen H., Ge C. Modifiable facilitators and barriers to exercise adherence in older adults with MCI/dementia using the Theoretical Domains Framework: a systematic review protocol. BMJ Open. 2020 Sep 10;10(9):e034500. doi: 10.1136/bmjopen-2019-034500.
6. Demarin V., Zavoreo I., Kes V.B. Carotid artery disease and cognitive impairment. J Neurol Sci. 2012 Nov 15;322(1-2):107-11. doi: 10.1016/j.jns.2012.07.008.
7. Tarasova I.V., Trubnikova O.A., Barbarash O.L. EEG and clinical factors associated with mild cognitive impairment in coronary artery disease patients. Dement Geriatr Cogn Disord. 2018;46(5-6):275-284. doi: 10.1159/000493787.
8. Liu X.J., Che P., Xing M., Tian X.B., Gao C., Li X., Zhang N. Cerebral hemodynamics and carotid atherosclerosis in patients with subcortical ischemic vascular dementia. Front Aging Neurosci. 2021;13:741881. doi: 10.3389/fnagi.2021.741881.
9. Тарасова И.В., Трубникова О.А., Кухарева И.Н., Барбараш О.Л., Барбараш Л.С. Влияние предоперационных когнитивных нарушений на изменения электрической активности мозга у пациентов через 1 год после коронарного шунтирования. Креативная кардиология. 2018; 12 (4): 304–15. doi: 10.24022/1997-3187-2018-12-4-304-315
10. Güntekin B., Aktürk T., Arakaki X., Bonanni L., Del Percio C., Edelmayer R., Farina F., Ferri R., Hanoğlu L., Kumar S., Lizio R., Lopez S., Murphy B., Noce G., Randall F., Sack A.T., Stocchi F., Yener G., Yıldırım E., Babiloni C. Are there consistent abnormalities in event-related EEG oscillations in patients with Alzheimer's disease compared to other diseases belonging to dementia? Psychophysiology. 2022;59(5):e13934. doi: 10.1111/psyp.13934.
11. 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.
12. Babiloni C., Arakaki X., Bonanni L., Bujan A., Carrillo M.C., Del Percio C., Edelmayer R.M., Egan G., Elahh F.M., Evans A., Ferri R., Frisoni G.B., Güntekin B., Hainsworth A., Hampel H., Jelic V., Jeong J., Kim D.K., Kramberger M., Kumar S., Lizio R., Nobili F., Noce G., Puce A., Ritter P., Smit D.J.A., Soricelli A., Teipel S., Tucci F., Sachdev P., Valdes-Sosa M., Valdes-Sosa P., Vergallo A., Yener G. EEG measures for clinical research in major vascular cognitive impairment: recommendations by an expert panel. Neurobiol Aging. 2021;103:78-97. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2021.03.003.
13. Zappasodi F., Olejarczyk E., Marzetti L., Assenza G., Pizzella V., Tecchio F. Fractal dimension of EEG activity senses neuronal impairment in acute stroke. PLoS One. 2014; 9(6): e100199. DOI: 10.1371/journal.pone.0100199. eCollection 2014
14. Skhirtladze-Dworschak K., Felli A., Aull-Watschinger S., Jung R., Mouhieddine M., Zuckermann A., Tschernko E., Dworschak M., Pataria E. The impact of nonconvulsive status epilepticus after cardiac surgery on outcome. J Clin Med. 2022;11(19):5668. doi: 10.3390/jcm11195668.
15. Safan A.S., Imam Y., Akhtar N., Al-Taweel H., Zakaria A., Quateen A., Own A., Kamran S. Acute ischemic stroke and convexity subarachnoid hemorrhage in large vessel atherosclerotic stenosis: Case series and review of the literature. Clin Case Rep. 2022;10(6):e5968. doi: 10.1002/ccr3.5968.
16. Hsieh T.T., Dai W., Cavallari M., Guttmann C.R., Meier D.S., Schmitt E.M., Dickerson B.C., Press D.Z., Marcantonio E.R., Jones R.N., Gou Y.R., Trivison T.G., Fong T.G., Ngo L., Inouye S.K., Alsop D.C.; SAGES Study Group. Cerebral blood flow MRI in the nondemented elderly is not predictive of post-operative delirium but is correlated with cognitive performance. J Cereb Blood Flow Metab. 2017;37(4):1386-1397. doi: 10.1177/0271678X16656014.
17. Wang J., Zhang W., Zhou Y., Jia J., Li Y., Liu K., Ye Z., Jin L. Altered prefrontal blood flow related with mild cognitive impairment in Parkinson's disease: a longitudinal study. Front Aging Neurosci. 2022;14:896191. doi: 10.3389/fnagi.2022.896191.
18. Hays C.C., Zlatar Z.Z., Campbell L., Meloy M.J., Wierenga C.E. Subjective cognitive decline modifies the relationship between cerebral blood flow and memory function in cognitively normal older adults. J Int Neuropsychol Soc. 2018;24(3):213-223. doi: 10.1017/S135561771700087X.
19. Nasreddine Z.S., Phillips N.A., Bédirian V., Charbonneau S., Whitehead V., Collin I., Cummings J.L., Chertkow H. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. J Am Geriatr Soc. 2005;53(4):695-9. doi: 10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x.
20. Thomann A.E., Berres M., Goettel N., Steiner L.A., Monsch A.U. Enhanced diagnostic accuracy for neurocognitive disorders: a revised cut-off approach for the Montreal Cognitive Assessment. Alzheimers Res Ther. 2020;12(1):39. doi: 10.1186/s13195-020-00603-8.
21. de la Torre J.C. Are Major Dementias Triggered by Poor Blood Flow to the Brain? Theoretical Considerations. J

Alzheimers Dis. 2017;57(2):353-371. doi: 10.3233/JAD-161266.

22. Frey A., Sell R., Homola G.A., Malsch C., Kraft P., Gunreben I., Morbach C., Alkonyi B., Schmid E., Colonna I., Hofer E., Müllges W., Ertl G., Heuschmann P., Solymosi L., Schmidt R., Störk S., Stoll G. Cognitive deficits and related brain lesions in patients with chronic heart failure. *JACC Heart Fail.* 2018;6(7):583-592. doi: 10.1016/j.jchf.2018.03.010.

23. Daulatzai M.A. Cerebral hypoperfusion and glucose hypometabolism: Key pathophysiological modulators promote neurodegeneration, cognitive impairment, and Alzheimer's disease. *J Neurosci Res.* 2017;95(4):943-972. doi: 10.1002/jnr.23777.

24. Тарасова И.В., Трубникова О.А., Разумникова О.М. Пластичность функциональных систем мозга как компенсаторный ресурс при нормальном и патологическом старении, ассоциированном с атеросклерозом. *Атеросклероз.* 2020;16(1):59-67. doi:10.15372/ATER20200108

25. Patel N., Banahan C., Janus J., Horsfield M.A., Cox A., Li X., Cappellugola L., Colman J., Egan V., Garrard P., Chung E.M.L. Perioperative cerebral microbleeds after adult

cardiac surgery. *Stroke.* 2019;50(2):336-343. doi: 10.1161/STROKEAHA.118.023355.

26. Moyanova S.G., Dijkhuizen R.M. Present status and future challenges of electroencephalography- and magnetic resonance imaging-based monitoring in preclinical models of focal cerebral ischemia. *Brain Res Bull.* 2014;102:22-36. doi: 10.1016/j.brainresbull.2014.01.003.

27. Deng A., Ma L., Ji Q., Xing J., Qin J., Zhou X., Wang X., Wang S., Wu J., Chen X. Activation of the Akt/FoxO3 signaling pathway enhances oxidative stress-induced autophagy and alleviates brain damage in a rat model of ischemic stroke. *Can J Physiol Pharmacol.* 2022. doi: 10.1139/cjpp-2022-0341.

28. Малева О.В., Трубникова О.А., Сырова И.Д., Солодухин А.В., Головин А.А., Барбараш О.Л., Барбараш Л.С. Частота развития послеоперационной когнитивной дисфункции после симультанной операции на коронарных и внутренних сонных артериях при асимптомном течении церебрального атеросклероза. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова.* 2020;120(3 вып. 2):5-12. doi:10.17116/jnevro20201200325

## REFERENCES

1. Tarasov R.S., Kazantsev A.N., Ivanov S.V., Burkov N.N., Anufriev A.I., Barbarash L.S. Surgical treatment of multifocal atherosclerosis: coronary and brachiocephalic pathology and predictors of early adverse events development. *Cardiovascular Therapy and Prevention.* 2017; 16 (4): 37-44. doi:10.15829/1728-8800-2017-4-37-44 (In Russian)

2. Yang Z., Wang H., Edwards D., Ding C., Yan L., Brayne C., Mant J. Association of blood lipids, atherosclerosis and statin use with dementia and cognitive impairment after stroke: A systematic review and meta-analysis. *Ageing research reviews.* 2020;57:100962. doi: 10.1016/j.arr.2019.100962.

3. Akhter F., Persaud A., Zaokari Y., Zhao Z., Zhu D. Vascular dementia and underlying sex differences. *Front Aging Neurosci.* 2021;13:720715. doi: 10.3389/fnagi.2021.720715.

4. Anderson N.D. State of the science on mild cognitive impairment (MCI). *CNS spectrums* 2019;24(1):78-87. doi: 10.1017/S1092852918001347.

5. Zhen X., Wang L., Yan H., Tao H., Cai Y., Wang J., Chen H., Ge C. Modifiable facilitators and barriers to exercise adherence in older adults with MCI/dementia using the Theoretical Domains Framework: a systematic review protocol. *BMJ Open.* 2020 Sep 10;10(9):e034500. doi: 10.1136/bmjopen-2019-034500.

6. Demarin V., Zavoreo I., Kes V.B. Carotid artery disease and cognitive impairment. *J Neurol Sci.* 2012 Nov 15;322(1-2):107-11. doi: 10.1016/j.jns.2012.07.008.

7. Tarasova I.V., Trubnikova O.A., Barbarash O.L. EEG and clinical factors associated with mild cognitive impairment in coronary artery disease patients. *Dement Geriatr Cogn Disord.* 2018;46(5-6):275-284. doi: 10.1159/000493787.

8. Liu X.J., Che P., Xing M., Tian X.B., Gao C., Li X., Zhang N. Cerebral hemodynamics and carotid atherosclerosis in patients with subcortical ischemic vascular dementia. *Front Aging Neurosci.* 2021;13:741881. doi: 10.3389/fnagi.2021.741881.

9. Tarasova I.V., Trubnikova O.A., Kukhareva I.N., Barbarash O.L., Barbarash L.S. The influence of preoperative cognitive impairment on the changes in the brain's electrical activity in patients 1 year after coronary artery bypass grafting. *Creative Cardiology.* 2018; 12 (4): 304–15. doi: 10.24022/1997-3187-2018-12-4-304-315. (in Russian)

10. Güntekin B., Aktürk T., Arakaki X., Bonanni L., Del Percio C., Edelmayer R., Farina F., Ferri R., Hanoğlu L., Kumar S., Lizio R., Lopez S., Murphy B., Noce G., Randall F., Sack A.T., Stocchi F., Yener G., Yıldırım E., Babiloni C. Are there consistent abnormalities in event-related EEG oscillations in patients with Alzheimer's disease compared to other diseases

belonging to dementia? *Psychophysiology.* 2022;59(5):e13934. doi: 10.1111/psyp.13934.

11. 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.

12. Babiloni C., Arakaki X., Bonanni L., Bujan A., Carrillo M.C., Del Percio C., Edelmayer R.M., Egan G., Elahh F.M., Evans A., Ferri R., Frisoni G.B., Güntekin B., Hainsworth A., Hampel H., Jelic V., Jeong J., Kim D.K., Kramberger M., Kumar S., Lizio R., Nobili F., Noce G., Puce A., Ritter P., Smit D.J.A., Soricelli A., Teipel S., Tucci F., Sachdev P., Valdes-Sosa M., Valdes-Sosa P., Vergallo A., Yener G. EEG measures for clinical research in major vascular cognitive impairment: recommendations by an expert panel. *Neurobiol Aging.* 2021;103:78-97. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2021.03.003.

13. Zappasodi F., Olejarczyk E., Marzetti L., Assenza G., Pizzella V., Tecchio F. Fractal dimension of EEG activity senses neuronal impairment in acute stroke. *PLoS One.* 2014; 9(6): e100199. DOI: 10.1371/journal.pone.0100199. eCollection 2014

14. Skhirtladze-Dworschak K., Felli A., Aull-Watschinger S., Jung R., Mouhieddine M., Zuckermann A., Tschernko E., Dworschak M., Pataria E. The impact of nonconvulsive status epilepticus after cardiac surgery on outcome. *J Clin Med.* 2022;11(19):5668. doi: 10.3390/jcm11195668.

15. Safan A.S., Imam Y., Akhtar N., Al-Taweel H., Zakaria A., Quateen A., Own A., Kamran S. Acute ischemic stroke and convexity subarachnoid hemorrhage in large vessel atherosclerotic stenosis: Case series and review of the literature. *Clin Case Rep.* 2022;10(6):e5968. doi: 10.1002/ccr3.5968.

16. Hsieh T.T., Dai W., Cavallari M., Guttmann C.R., Meier D.S., Schmitt E.M., Dickerson B.C., Press D.Z., Marcantonio E.R., Jones R.N., Gou Y.R., Trivison T.G., Fong T.G., Ngo L., Inouye S.K., Alsop D.C.; SAGES Study Group. Cerebral blood flow MRI in the nondemented elderly is not predictive of post-operative delirium but is correlated with cognitive performance. *J Cereb Blood Flow Metab.* 2017;37(4):1386-1397. doi: 10.1177/0271678X16656014.

17. Wang J., Zhang W., Zhou Y., Jia J., Li Y., Liu K., Ye Z., Jin L. Altered prefrontal blood flow related with mild cognitive impairment in Parkinson's disease: a longitudinal study. *Front Aging Neurosci.* 2022;14:896191. doi: 10.3389/fnagi.2022.896191.

18. Hays C.C., Zlatar Z.Z., Campbell L., Meloy M.J.,

Wierenga C.E. Subjective cognitive decline modifies the relationship between cerebral blood flow and memory function in cognitively normal older adults. *J Int Neuropsychol Soc.* 2018;24(3):213-223. doi: 10.1017/S135561771700087X.

19. Nasreddine Z.S., Phillips N.A., Bédirian V., Charbonneau S., Whitehead V., Collin I., Cummings J.L., Chertkow H. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. *J Am Geriatr Soc.* 2005;53(4):695-9. doi: 10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x.

20. Thomann A.E., Berres M., Goettel N., Steiner L.A., Monsch A.U. Enhanced diagnostic accuracy for neurocognitive disorders: a revised cut-off approach for the Montreal Cognitive Assessment. *Alzheimers Res Ther.* 2020;12(1):39. doi: 10.1186/s13195-020-00603-8.

21. de la Torre J.C. Are Major Dementias Triggered by Poor Blood Flow to the Brain? Theoretical Considerations. *J Alzheimers Dis.* 2017;57(2):353-371. doi: 10.3233/JAD-161266.

22. Frey A., Sell R., Homola G.A., Malsch C., Kraft P., Gunreben I., Morbach C., Alkonyi B., Schmid E., Colonna I., Hofer E., Müllges W., Ertl G., Heuschmann P., Solymosi L., Schmidt R., Störk S., Stoll G. Cognitive deficits and related brain lesions in patients with chronic heart failure. *JACC Heart Fail.* 2018;6(7):583-592. doi: 10.1016/j.jchf.2018.03.010.

23. Daulatzai M.A. Cerebral hypoperfusion and glucose hypometabolism: Key pathophysiological modulators promote neurodegeneration, cognitive impairment, and Alzheimer's disease. *J Neurosci Res.* 2017;95(4):943-972. doi: 10.1002/jnr.23777.

24. Tarasova I.V., Trubnikova O.A., Razumnikova O.M. Plasticity of brain functional systems as a compensator resource in normal and pathological aging associated with atherosclerosis. *Atheroscler.* 2020;16(1):59-67. <https://doi.org/10.15372/ATER20200108> (In Russian)

25. Patel N., Banahan C., Janus J., Horsfield M.A., Cox A., Li X., Cappellugola L., Colman J., Egan V., Garrard P., Chung E.M.L. Perioperative cerebral microbleeds after adult cardiac surgery. *Stroke.* 2019;50(2):336-343. doi: 10.1161/STROKEAHA.118.023355.

26. Moyanova S.G., Dijkhuizen R.M. Present status and future challenges of electroencephalography- and magnetic resonance imaging-based monitoring in preclinical models of focal cerebral ischemia. *Brain Res Bull.* 2014;102:22-36. doi: 10.1016/j.brainresbull.2014.01.003.

27. Deng A., Ma L., Ji Q., Xing J., Qin J., Zhou X., Wang X., Wang S., Wu J., Chen X. Activation of the Akt/FoxO3 signaling pathway enhances oxidative stress-induced autophagy and alleviates brain damage in a rat model of ischemic stroke. *Can J Physiol Pharmacol.* 2022. doi: 10.1139/cjpp-2022-0341.

28. Maleva O.V., Trubnikova O.A., Syrova I.D., Solodukhin A.V., Golovin A.A., Barbarash O.L., Barbarash L.S. Incidence of postoperative cognitive dysfunction after simultaneous carotid surgery and coronary artery bypass grafting in patients with asymptomatic cerebral atherosclerosis. *Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii imeni S.S. Korsakova.* 2020;120(3 2):5 12. doi: 10.17116/jnevro20201200325 (In Russian)

---

**Для цитирования:** Тарасова И.В., Куприянова Д.С., Трубникова О.А., Соснина А.С., Сырова И.Д., Кухарева И.Н., Малева О.В., Иванов С.В., Барбараш О.Л. Влияние предоперационного когнитивного расстройства на изменения электрической активности головного мозга у пациентов, перенесших одномоментное вмешательство на каротидных и коронарных артериях. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний.* 2023;12(2): 24-34. DOI: 10.17802/2306-1278-2023-12-2-24-34

**To cite:** Tarasova I.V., Kupriyanova D.S., Trubnikova O.A., Sosnina A.S., Syrova I.D., Kukhareva I.N., Maleva O.V., Ivanov S.V., Barbarash O.L. Impact of preoperative cognitive impairment on changes in electrical activity of the brain in patients undergoing combined carotid endarterectomy and coronary artery bypass grafting. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2023;12(2): 24-34. DOI: 10.17802/2306-1278-2023-12-2-24-34

---