

Изменения вызванной синхронизации/десинхронизации электрической активности коры мозга у кардиохирургических пациентов с послеоперационной когнитивной дисфункцией

И.В. Тарасова¹, Н.В. Вольф², Д.С. Куприянова¹, О.А. Трубникова¹, О.Л. Барбараш¹

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

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

Резюме

Цель исследования – анализ вызванной синхронизации/десинхронизации электрической активности коры мозга при выполнении задачи на селекцию стимулов у пациентов, перенесших коронарное шунтирование (КШ) в условиях искусственного кровообращения с наличием и отсутствием послеоперационной когнитивной дисфункции (ПОКД). **Материал и методы.** В исследовании участвовали 32 мужчины, средний возраст $57,2 \pm 6,1$ года. Все пациенты проходили нейропсихологическое тестирование и электроэнцефалографическое (ЭЭГ) исследование за 3–5 дней до КШ и на 7–10-е сутки после вмешательства. Наличие ПОКД определяли согласно критерию: снижение когнитивного показателя на 20 % по сравнению с предоперационным уровнем в 20 % тестов из использованной тестовой батареи. Регистрация ЭЭГ проводилась монополярно в 62 стандартных отведениях системы 10–20 с помощью энцефалографа NEUVO (Compumedics, США). **Результаты.** Обнаружено, что на 7–10-е сутки после КШ у пациентов с ПОКД наблюдается менее выраженная десинхронизация тета-активности в левых лобно-центральных регионах коры в интервале 200–400 мс по сравнению с пациентами без когнитивного снижения. При этом в левых парietальных отделах мозга уменьшение вызванной тета-активности на этом этапе было отмечено только до операции, а на 7–10-е сутки после операции даже у пациентов без ПОКД выраженность десинхронизации тета-ритма снижалась. Также пациенты с ПОКД имели меньшую степень десинхронизации тета-ритма как фронтальных, так и парietальных отделов правого полушария в интервале 600–800 мс по сравнению с пациентами без когнитивного снижения. **Заключение.** Снижение когнитивных функций у пациентов после КШ в условиях искусственного кровообращения, определяемое по данным нейропсихологического тестирования, сопровождается патологическими изменениями связанной с выполнением когнитивной задачи тета-активности коры. Анализ вызванной синхронизации/десинхронизации ЭЭГ может быть использован в качестве как предикторов послеоперационных когнитивных расстройств, так и объективных маркеров ПОКД.

Ключевые слова: вызванная десинхронизация/синхронизация, тета-активность, послеоперационная когнитивная дисфункция, коронарное шунтирование, искусственное кровообращение.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. Работа выполнена частично при поддержке РФФИ и Кемеровской области, грант № 20-415-420005 п. а.

Автор для переписки: Тарасова И.В., e-mail: iriz78@mail.ru

Для цитирования: 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

Changes in event-related synchronization/desynchronization of brain electric activity in cardiosurgical patients with postoperative cognitive dysfunction

I.V. Tarasova¹, N.V. Volf², D.S. Kupriyanova¹, O.A. Trubnikova¹, O.L. Barbarash¹

¹ Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases

650002, Kemerovo, Sosnovy blvd., 6

² Scientific Research Institute of Physiology and Basic Medicine

630117, Novosibirsk, Timakov str., 4

Abstract

Aim of the study was to analyze the event-related synchronization/desynchronization of brain electrical activity during visual selection task in patients underwent on-pump coronary artery bypass grafting (CABG) with and without postoperative cognitive dysfunction (POCD). **Material and methods.** The study included 32 men who underwent on-pump CABG, mean age 57.2 ± 6.08 years. All patients carried out extended neuropsychological testing, a multi-channel computer electroencephalography (EEG) 3–5 days before CABG and on the 7–10th day after the surgery. The POCD was determined according to the criterion: 20 % decrease in the cognitive indicator compared to that at baseline on 20 % of the tests included in the neuropsychological battery. Monopolar EEGs were recorded in 62 sites of 10–20 system with NEUVO encephalograph (Compumedics, USA) during cognitive task performing in patients with and without POCD. Statistical processing was performed using the STATISTICA 10.0. **Results.** It was found that the POCD patients had less pronounced theta desynchronization in the left frontal-central regions during the stage of 200–400 ms at the 7–10 days after CABG in comparison to patients without cognitive decline. Moreover, in the left parietal leads POCD patients had decreased theta desynchronization during the stage of 200–400 ms even before the surgery. At the 7–10 days after CABG, only the patients without POCD had a decrease of event-related theta activity in the left parietal leads compared with baseline. During the stage of 600–800 ms, the POCD patients had a lower degree of theta-desynchronization of both frontal-central and parietal regions of right hemisphere compared to patients without cognitive decline. **Conclusion.** The cognitive decline in patients after CABG determined according to neuropsychological testing is accompanied by pathological changes in the event-related theta activity. An analysis of event-related synchronization/desynchronization can be used both as predictor of postoperative cognitive impairment and as objective marker of POCD.

Key words: event-related desynchronization/synchronization, theta activity, postoperative cognitive dysfunction, on-pump coronary artery bypass grafting.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments. This work was partially supported by the Russian Foundation for Basic Research and the Kemerovo Region, Grant No. 20-415-420005 r_a.

Correspondence author: Tarasova I.V., e-mail: iriz78@mail.ru

Citation: 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. *Sibirskiy nauchnyy meditsinskiy zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal*. 2021; 41 (2): 12–20. [In Russian]. doi: 10.18699/SSMJ20210202

Введение

Риск неврологических осложнений после кардиохирургических операций, проводимых в условиях искусственного кровообращения (ИК), остается в настоящее время значительным, это связано с растущей сложностью хирургических процедур и увеличением возраста оперируемых пациентов [1, 2]. Внедренные хирургические инновации и перфузионные методы интраоперационной защиты головного мозга позволили снизить частоту грубых нарушений мозгового кровообращения до 1–2 % [1], однако не более

мягких, диффузных изменений в мозге, потенциально способствующих в дальнейшем значительному снижению эффективности мозговых функций. Наибольшую обеспокоенность медицинского сообщества вызывают послеоперационные когнитивные расстройства – нарушения памяти, внимания и других когнитивных способностей, которые выявляются у пациентов при помощи нейропсихологического тестирования в раннем послеоперационном периоде и у части пациентов могут сохраняться в течение года и более после кардиохирургической операции [3, 4]. Это

приводит к снижению качества жизни больного и его социальной адаптации в послеоперационном периоде. Современная литература указывает, что их частота весьма высока, от 30 до 70 % [1, 3, 4]. В настоящее время расстройство такого вида принято обозначать термином «послеоперационная когнитивная дисфункция» (ПОКД) [4, 5]; среди факторов риска, связанных с послеоперационным снижением когнитивных функций, называют микроэмболию, мозговую гипоперфузию, отягощенный преморбидный фон и развитие системного воспалительного ответа [1, 3–5]. Однако в целом патогенез когнитивного снижения после операций в условиях общей анестезии и ИК все еще остается неясным.

Немаловажным для успешного предотвращения и лечения ПОКД является ее ранняя диагностика. Высокоинформативным диагностическим инструментом для получения данных о специфических изменениях когнитивных функций при ПОКД может быть анализ связанной с выполнением когнитивной задачи электрической корковой активности, позволяющий оценить временные характеристики и величину нейронного ответа, ассоциированного с переработкой поступающей во время выполнения задачи информации. Нарушение динамики корковых ответов при выполнении задач на рабочую память и внимание ранее показано у пациентов с прогрессирующими формами когнитивных расстройств и деменцией [6, 7].

Уточнение топографических характеристик мозгового повреждения, ассоциированного с ПОКД, также является объектом растущего интереса со стороны исследователей. Считается, что такой фактор, как мозговая гипоперфузия вследствие ИК, может способствовать развитию множества мелких инфарктов в так называемых «зонах водораздела» – концевых ветвях соседствующих крупных мозговых артерий [8]. Следовательно, регионы головного мозга, находящиеся в зонах водораздела, в том числе фронтальная и париетальная кора, наиболее уязвимы при проведении операций в условиях ИК. При этом ранее установлено, что у пациентов с хроническим нарушением мозгового кровообращения сниженная активация фронтальных и париетальных отделов мозга ассоциирована с нарушениями внимания и исполнительных функций [9, 10].

Показано, что задняя париетальная кора головного мозга вовлечена в широкий спектр когнитивных задач, включая зрительное внимание и зрительную кратковременную память [11], тогда как фронтальные отделы коры принимают участие в процессе принятия решений [12]. Кроме того, париетальная и фронтальная кора играет важную роль в процессах выбора релевантной

информации, а также игнорирования информации, не относящейся к задаче определения приоритетов текущих задач и оптимизации развертывания ограниченного когнитивного ресурса [13]. Моделями для изучения активации фронтальной и париетальной коры являются разнообразные задачи зрительной селекции стимулов [11, 14–16]. Установлено, что селекция значимой информации вызывает распространенную нейронную активность, которая отражается в электрофизиологических и гемодинамических показателях [6, 14, 17].

Таким образом, принимая во внимание все вышеперечисленное, целью настоящего исследования явился анализ вызванной синхронизации/десинхронизации корковой электрической активности при выполнении когнитивного задания, связанного с селекцией стимулов, у пациентов, перенесших коронарное шунтирование (КШ) в условиях ИК с наличием и отсутствием ПОКД. В связи с тем, что наши предыдущие исследования продемонстрировали диагностическое значение показателей тета-активности в электроэнцефалограмме (ЭЭГ) покоя у кардиохирургических пациентов с когнитивными расстройствами [18, 19], мы анализировали изменения связанной с выполнением когнитивной задачи активности мозга в диапазоне тета-ритма (3–7 Гц).

Материал и методы

Пациенты

В настоящем исследовании участвовали 32 человека, все праворукие мужчины, средний возраст $57,2 \pm 6,1$ года, поступившие на оперативное лечение в ФГБНУ НИИ комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний для хирургической реваскуляризации миокарда. Исследование проводилось в соответствии с Хельсинкским соглашением Всемирной медицинской ассоциации 1964 г., было согласовано с этическим комитетом Института. Включение пациента в исследование происходило после подписания добровольного информированного согласия. Во избежание потенциального влияния факторов пола и возраста на результаты, из исследования исключались пациенты старше 70 лет, а также женщины. Факторами исключения также стало наличие жизнеугрожающих нарушений ритма, тяжелой сердечной недостаточности (IV функциональный класс NYHA), стенокардических поражений сонных артерий $\geq 50\%$, хронической обструктивной болезни легких, злокачественных новообразований, зависимости от психоактивных веществ, нарушений мозгового кровоснабжения и/или травм головного мозга, деменции и депрессии.

Все пациенты, помимо стандартного предоперационного обследования, включающего кли-

нико-лабораторные, электрофизиологические, ультразвуковые и нейрорадиологические методы исследования, проходили расширенное нейропсихологическое тестирование и ЭЭГ-исследование в предоперационном периоде (3–5 дней до КШ) и на 7–10-е сутки после вмешательства.

Кардиохирургические операции выполняли в стандартных условиях перфузии с нормотермией и внутривенной анестезией (пропофол). Среднее время искусственного кровообращения составляло $97,9 \pm 28,0$ мин, пережатия аорты – $62,3 \pm 18,1$ мин. Инвазивный контроль гемодинамики и церебральной оксигенации проводился на протяжении всей операции, нарушения не отмечены.

Нейропсихологическое исследование

Первичная оценка состояния когнитивных функций производилась с помощью скрининговых нейропсихологических шкал – Краткой шкалы оценки психического статуса (КШОПС) и батареи тестов для определения лобной дисфункции (БТЛД). Проявления депрессивной симптоматики оценивались с помощью опросника BDI-II [20], ситуативной и личностной тревожности – с помощью опросника Спилбергера-Ханина [21].

Программный психофизиологический комплекс «Статус ПФ» использовался для расширенной оценки когнитивного статуса [22]. Снижение когнитивных функций в раннем послеоперационном периоде или ПОКД определялось по 13 показателям, отобранном в ходе предварительного изучения и включавшим оценку психомоторных и исполнительных функций, внимания и кратковременной памяти, на наличие ПОКД указывало уменьшение 3 из 13 когнитивных показателей на 20 % по сравнению с предоперационным уровнем (критерий 20 %-20 %) [23].

ЭЭГ-исследование

Монопольная регистрация ЭЭГ (62 канала; полоса пропускания 0,1–50,0 Гц, частота дискретизации 1000 Гц) проводилась при выполнении когнитивного задания у лиц с наличием и отсутствием ПОКД. Пациентов, сидящих в комфортабельном кресле, просили нажимать правой рукой клавишу в ответ на появление изображения кролика (ответ «Да») и левой рукой – любой другой картинки (ответ «Нет»). В качестве стимулов были использованы графические изображения реальных объектов, их размеры составляли от 3,50 до 40 по горизонтали и 40 по вертикали, длительность предъявления – 170 мс, межстимульный интервал – 2000 мс. В ходе выполнения задания в центре экрана предъявляли крест для фиксации взгляда, через 300 мс после его возникновения в этом месте появлялись в случайном порядке сти-

мулы. Стимул, требующий ответа «Да» (кролик), предъявлялся 90 раз (45,4 % от всех предъявлений). Среди стимулов, требующих ответа «Нет», были повторяющиеся (яблоко, количество предъявлений такое же, как стимула кролик) и неповторяющиеся (18 стимулов, 9,1 %) стимулы, каждый из которых предъявлялся один раз за все время проведения теста.

ЭЭГ регистрировали (в соответствии с международной системой 10–20) с помощью энцефалографа Neuvo SynAmps2 (Compumedics, США) с использованием модифицированной 64-канальной шапочки с Ag/AgCl электродами (QuikCap, США). Электрод-референт был прикреплен к кончику носа, а заземляющий электрод – в центре лба. Электродное сопротивление составляло <5 кОм. Для анализа отбирались эпохи ЭЭГ длительностью 1000 мс до предъявления стимулов и 1500 мс после предъявления стимула. Сохраненные эпохи оценивали визуально, сегменты ЭЭГ с наличием мышечной или другой артефактной активности исключали из дальнейшего анализа; также проводили автоматическую проверку для устранения окулографических артефактов. Эпохи с длительным временем реакции (более 1 с), как и с пропущенными ответами на стимулы, были отклонены. Для анализа использовали 40 безартефактных эпох. В связи с малым количеством эпох редкие неповторяющиеся стимулы были исключены из анализа. Расчет вызванной синхронизации/десинхронизации проводился в тета-диапазоне (3–7 Гц), расчет диапазона выполнен автоматически в программе «Scan 4.5» (Compumedics) на основании среднего значения ведущей частоты для данной выборки пациентов (частоты наибольшего значения спектральной мощности в альфа-диапазоне), которая составила 9,5 Гц. Полученные показатели усреднили для регионов «интереса» – фронтальных (ФЦ) (FC1/2, FC3/4, FC5/6, C1/2, C3/4, C5/6) и парietальных (П) (CP1/2, CP3/4, CP5/6, P1/2, P3/4, P5/6, P7/8) областей левого и правого полушарий.

Временные отрезки (200–400 и 600–800 мс после предъявления стимулов) для описания результатов исследования выбирали на основании известных данных, согласно которым в интервале 200–400 мс после предъявления информации [24] происходит ее визуальная селекция, а временной интервал 400–800 мс связывается с процессом удержания в рабочей памяти предыдущей стимульной информации для селекции последующей [25].

Статистический анализ

ЭЭГ-данные подвергались дисперсионному анализу (ANOVA) с применением, где необхо-

димо, коррекции статистической значимости по методу Гринхауза – Гейссера. Анализ взаимодействий проводили с помощью плановых контрастов. Данные на рисунках представлены в виде среднего арифметического и среднеквадратического отклонения. Клинико-анамнестические показатели сравнивали с использованием t-критерия для независимых выборок.

Результаты

Частота встречаемости ПОКД в исследуемой группе составила 69 % (у 22 пациентов из 32 участвовавших в исследовании), что является высоким показателем согласно данным литературы [1–3]. В соответствии с целями исследования для

показателей вызванной синхронизации/десинхронизации тета-диапазона проведен дисперсионный анализ с выделением следующих факторов: ПОКД (пациенты с наличием и отсутствием послеоперационного когнитивного снижения) × ВРЕМЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ (до и после КШ) × ИНТЕРВАЛ (2 интервала: 200–400, 600–800 мс после предъявления сигнала) × ОБЛАСТЬ (ФЦ и П) × ЛАТЕРАЛЬНОСТЬ (правое, левое полушария) для целевого и нецелевого стимула отдельно.

При обработке целевого сигнала в ходе выполнения тестового задания для показателей тета-диапазона выявлен ряд факторов и взаимодействий, однако в соответствии с поставленной в работе целью наибольший интерес представ-

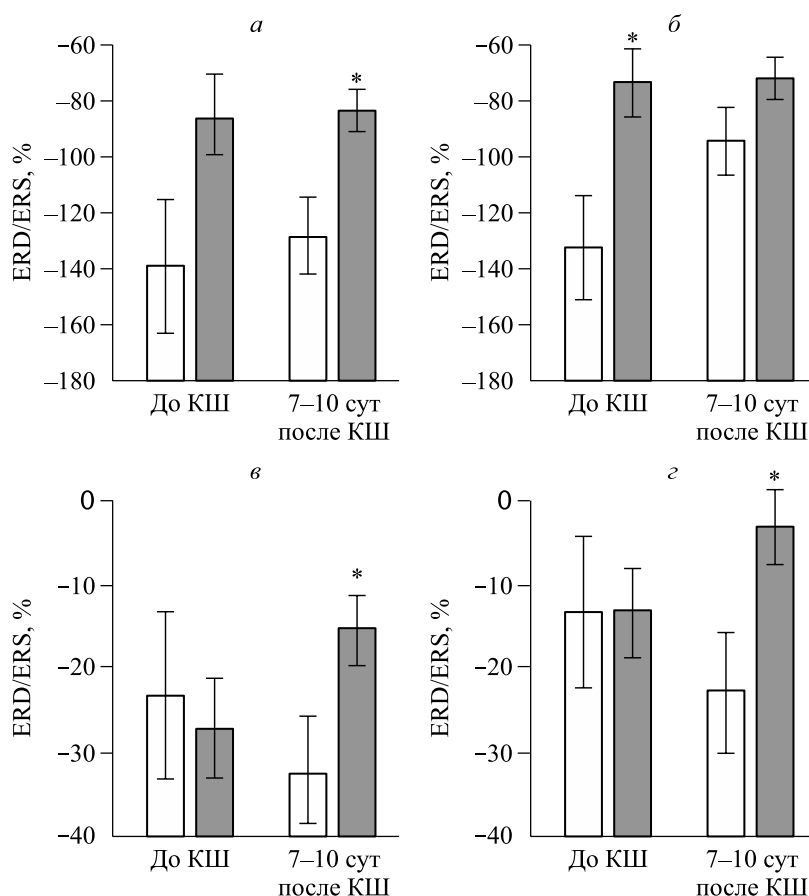


Рис. Различия в вызванной десинхронизации/синхронизации биопотенциалов тета-ритма в левом (а, б) и правом полушарии (в, г) мозга при предъявлении значимого сигнала (кролик) во временных интервалах 200–400 мс (а, б) и 600–800 мс (в, г) выполнения когнитивной задачи у пациентов, перенесших КШ, в зависимости от наличия ПОКД. а, в – лобно-центральный отделы коры, б, г – париетальный отдел коры. ERD/ERS, % – вызванная десинхронизация/синхронизация; белые столбики – пациенты без ПОКД, серые – пациенты с ПОКД; обозначены статистически значимые отличия от величин соответствующих показателей пациентов без ПОКД: * – при $p < 0,05$

Fig. Differences in left (а, б) and right hemisphere (в, г) theta-rhythm desynchronization/synchronization (ERD/ERS, %) during presentation of target signals (rabbit) in the 200–400 ms (а, б) and 600–800 ms (в, г) time interval of the performance a cognitive task in CABG patients depending on the presence of POCD. а, в - frontal-central cortex regions, б, г – parietal cortex regions; white bars – patients without POCD, grey bars - patients with POCD; * $p < 0.05$ vs patients without POCD

ляло взаимодействие факторов ПОКД \times ВРЕМЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ \times ИНТЕРВАЛ \times ОБЛАСТЬ \times ЛАТЕРАЛЬНОСТЬ ($F_{(1,30)} = 6,84$; $p = 0,01$). Рассмотрение данного взаимодействия показало, что межгрупповые различия в послеоперационных изменениях вызванной тета-активности в интервале 200–400 мс наблюдались только в левом полушарии, а на этапе 600–800 мс после предъявления сигнала – в правом. В раннем послеоперационном периоде (7–10-е сутки КШ) у пациентов с ПОКД степень десинхронизации тета-активности в лобно-центральных отделах левого полушария была менее выраженной, чем у лиц без когнитивного снижения ($F_{(1,30)} = 8,20$; $p = 0,008$) (рисунок, а). Аналогичный эффект получен в левых парietальных отделах мозга, но он наблюдался в исходных, предоперационных показателях связанной с выполнением задачи тета-активности ($F_{(1,30)} = 6,78$; $p = 0,015$), а после КШ межгрупповые различия уменьшились и потеряли статистическую значимость за счет уменьшения степени десинхронизации тета-ритма у пациентов без ПОКД ($F_{(1,30)} = 4,23$; $p = 0,049$) (рисунок, б).

В интервале 600–800 мс после предъявления сигнала межгрупповые различия в степени десинхронизации тета-ритма наблюдались только в послеоперационных показателях как фронто-центральных ($F_{(1,30)} = 4,72$; $p = 0,039$), так и парietальных ($F_{(1,30)} = 5,38$; $p = 0,028$) отделов правого полушария. Пациенты с ПОКД имели меньшую степень десинхронизации тета-ритма в процессе удержания в рабочей памяти предыдущей стимульной информации по сравнению с пациентами без когнитивного снижения (рисунок, в, г).

При обработке нецелевого повторяющегося сигнала для выбранных факторов значимым был только общий фактор ИНТЕРВАЛ ($F_{(1,30)} = 24,88$; $p \leq 0,0001$), что обусловлено уменьшением степени десинхронизации тета-ритма при переходе от этапа визуальной селекции стимула (200–400 мс) к удержанию в рабочей памяти предыдущей стимульной информации (600–800 мс после предъявления сигнала).

Обсуждение

Результаты нашего исследования показали, что высокая частота (69 %) выявления послеоперационного когнитивного снижения у пациентов, перенесших КШ в условиях ИК, сопровождалась нарушениями в процессах обработки значимой информации (снижение степени десинхронизации) при выполнении когнитивного задания. Ранее предполагалось, что функциональное значение тета-десинхронизации при выполнении тестов в зрительной модальности состоит в участии

в обработке нерелевантных стимулов, вероятно, и торможении процесса обработки информации в рабочей памяти при ее удержании [26].

Мы обнаружили, что у пациентов с ПОКД десинхронизация тета-активности в левых лобно-центральных регионах коры в интервале 200–400 мс после предъявления стимула менее выражена, чем у пациентов без когнитивного снижения. При этом в левых парietальных отделах мозга снижение связанной с выполнением задачи тета-активности отмечено уже до операции, а на 7–10-е сутки после операции даже у пациентов без ПОКД наблюдалось уменьшение степени десинхронизации тета-ритма. Ранее установлено, что изменения корковой активности, происходящие в интервале 200–400 мс, отражают процессы сравнения стимула и принятия решения [27]. Таким образом, можно предполагать, что у пациентов, перенесших кардиохирургическое вмешательство, эти процессы в большей степени выражены в левом полушарии головного мозга. Выше упоминалось, что данные регионы коры участвуют в процессах выбора релевантной информации, определения приоритетов текущих задач и оптимизации развертывания ограниченного когнитивного ресурса [13]. Предыдущие исследования продемонстрировали связь между латерализацией повреждающих факторов и развитием послеоперационного когнитивного дефицита: острое нарушение мозгового кровообращения в левом полушарии ведет к более тяжелым когнитивным и функциональным нарушениям [28], 75 % послеоперационных инсультов локализируются в левом полушарии мозга [29], скорость кровотока в левой средней мозговой артерии снижается у пациентов с послеоперационным когнитивным снижением, но не у больных с отсутствием ПОКД [30].

Вместе с тем в правом полушарии головного мозга у пациентов с ПОКД наблюдаются нарушения процесса удержания в рабочей памяти предыдущей стимульной информации на заключительном этапе сравнения стимулов (лица с ПОКД после операции КШ имели меньшую степень десинхронизации тета-ритма в правых фронто-центральных и парietальных отделах мозга). Установлено, что количество микроэмболов в левом полушарии ассоциировано с ухудшением вербальной, а в правом полушарии – невербальной памяти [31]. Стоит принять во внимание, что выбранная в настоящем исследовании тестовая парадигма была в зрительной модальности.

Таким образом, полученные данные подтвердили, что фронтоцентральная и парietальная кора, находящаяся в зоне смежного кровоснабжения крупных мозговых артерий, является, по-

видимому, наиболее уязвимой к воздействию тех факторов, что сопровождают процесс кардиохирургического вмешательства в условиях ИК. Наблюдаемое уменьшение выраженности изменений вызванной мозговой активности у пациентов с послеоперационным когнитивным снижением (ПОКД) может быть объяснено потерей функциональной связности неокортекса [32, 33], наблюдающейся и при других когнитивных нарушениях, и обусловлено не только гибелью нейронов, но и временными нарушениями функциональных связей за счет периперационного отека мозга, приводящими к расстройствам временной координации распределенной нейронной активности [34], которая, в свою очередь, может привести к ПОКД.

Заключение

Проведенное исследование показало, что снижение когнитивных функций у пациентов после операции на сердце в условиях ИК, определяемое по данным нейропсихологического тестирования, сопровождается патологическими изменениями связанной с выполнением когнитивной задачи тета-активности коры головного мозга. Это позволяет использовать комплекс показателей ЭЭГ в качестве как предикторов послеоперационных когнитивных расстройств, так и объективных маркеров ПОКД и может найти применение для профилактики когнитивных нарушений, объективного мониторинга эффективности периперационной нейропротекции и динамической оценки когнитивного статуса пациентов после КИШ.

Список литературы / References

1. Patel N., Minhas J.S., Chung E.M. Risk factors associated with cognitive decline after cardiac surgery: a systematic review. *Cardiovasc. Psychiatry Neurol.* 2015; 2015: 370612. doi: 10.1155/2015/370612
2. Тибеккина Л.М., Смертина Е.Г., Золотов В.Д., Зайцева А.О., Крецу А.П., Столяров М.С., Каменских М.С., Старосотская М.В., Шматов Д.В. Факторы риска церебральных осложнений после кардиохирургических операций. *Вестн. хирургии.* 2017; 176 (3): 61–66. doi: 10.24884/0042-4625-2017-176-3-61-66
- Tibekina L.M., Smertina E.G., Zolotov V.D., Zaitseva A.O., Kretsu A.P., Stolyarov M.S., Kamenskiy M.S., Starosotskaya M.V., Shmatov D.V. Risk factors of cerebral complications after cardiac surgery. *Vestnik khirurgii imeni Ivana Ivanovicha Grekova = Grekov's Bulletin of Surgery.* 2017; 176 (3): 61–66. [In Russian]. doi: 10.24884/0042-4625-2017-176-3-61-66
3. Bhamidipati D., Goldhammer J.E., Sperling M.R., Torjman M.C., McCarey M.M., Whellan D.J. Cognitive outcomes after coronary artery bypass grafting. *J.*

Cardiothorac. Vasc. Anesth. 2017; 31 (2): 707–718. doi: 10.1053/j.jvca.2016.09.028

4. Indja B., Seco M., Seamark R., Kaplan J., Bannon P.G., Grieve S.M., Vallely M.P. Neurocognitive and psychiatric issues post cardiac surgery. *Heart Lung Circ.* 2017; 26 (8): 779–785. doi: 10.1016/j.hlc.2016.12.010

5. Evered L., Silbert B., Knopman D.S., Scott D.A., DeKosky S.T., Rasmussen L.S., Oh E.S., Crosby G., Berger M., Eckenhoof R.G.; Nomenclature Consensus Working Group. Recommendations for the nomenclature of cognitive change associated with anaesthesia and surgery-2018. *Br. J. Anaesth.* 2018; 121 (5): 1005–1012. doi: 10.1016/j.bja.2017.11.087

6. Fraga F.J., Mamani G.Q., Johns E., Tavares G., Falk T.H., Phillips N.A. Early diagnosis of mild cognitive impairment and Alzheimer's with event-related potentials and event-related desynchronization in N-back working memory tasks. *Comput. Methods Programs Biomed.* 2018; 164: 1–13. doi: 10.1016/j.cmpb.2018.06.011

7. Erickson M.A., Smith D., Albrecht M.A., Silverstein S. Alpha-band desynchronization reflects memory-specific processes during visual change detection. *Psychophysiology.* 2019; 56 (11): 13442. doi: 10.1111/psyp.13442

8. Gorelick P.B., Scuteri A., Black S.E., Decarli C., Greenberg S.M., Iadecola C., Launer L.J., Laurent S., Lopez O.L., Nyenhuis D., Petersen R.C., Schneider J.A., Tzourio C., Arnett D.K., Bennett D.A., Chui H.C., Higashida R.T., Lindquist R., Nilsson P.M., Roman G.C., Sellke F.W., Seshadri S., American heart association stroke council, Council on epidemiology and prevention, council on cardiovascular nursing, Council on cardiovascular radiology and intervention, and Council on cardiovascular surgery and anesthesia. Vascular contributions to cognitive impairment and dementia: a statement for healthcare professionals from the American heart association / American stroke association. *Stroke.* 2011; 42 (9): 2672. doi: 10.1161/STR.0b013e3182299496

9. Gasparovic C., Prestopnik J., Thompson J., Taheri S., Huisa B., Schrader R., Adair J.C., Rosenberg G.A. 1H-MR spectroscopy metabolite levels correlate with executive function in vascular cognitive impairment. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.* 2013; 84 (7): 715–721. doi: 10.1136/jnnp-2012-303878

10. Waragai M., Moriya M., Nojo T. Decreased N-acetyl aspartate/myo-inositol ratio in the posterior cingulate cortex shown by magnetic resonance spectroscopy may be one of the risk markers of preclinical Alzheimer's disease: A 7-Year Follow-Up Study. *J. Alzheimers Dis.* 2017; 60 (4): 1411–1427. doi: 10.3233/JAD-170450

11. Sheremata S.L., Somers D.C., Shomstein S. Visual short-term memory activity in parietal lobe reflects cognitive processes beyond attentional selection.

- J. Neurosci. 2018; 38 (6): 1511–1519. doi: 10.1523/JNEUROSCI.1716-17.2017
12. Fellows L.K. The neuroscience of human decision-making through the lens of learning and memory. *Curr. Top. Behav. Neurosci.* 2018; 37: 231–251. doi: 10.1007/7854_2016_468
13. Yu Q., Shim W.M. Occipital, parietal, and frontal cortices selectively maintain task-relevant features of multi-feature objects in visual working memory. *Neuroimage.* 2017; 157: 97–107. doi: 10.1016/j.neuroimage.2017.05.055
14. Verleger R., Grauhan N., Śmigajewicz K. Is P3 a strategic or a tactical component? Relationships of P3 sub-components to response times in oddball tasks with go, no-go and choice responses. *Neuroimage.* 2016; 143: 223–234. doi: 10.1016/j.neuroimage.2016.08.049
15. Karamacoska D., Barry R.J., Steiner G.Z. Resting state intrinsic EEG impacts on go stimulus-response processes. *Psychophysiology.* 2017; 54 (6): 894–903. doi: 10.1111/psyp.1285
16. Афтanas Л.И., Пустовойт С.М., Новожилова Н.В., Ахметова О.А., Овчинников А.А. Индивидуальный баланс оборонительной и подкрепляющей мотивационных систем мозга как вероятный нейрофизиологический эндотип депрессии в метрике когнитивных вызванных потенциалов. *Сиб. науч. мед. журн.* 2019; 39 (1): 13–20. doi:10.15372/SSMJ20190102
- Aftanas L.I., Pustovoyt S.M., Novozhilova N.V., Akhmetova O.A., Ovchinnikov A.A. Individual balance of defensive and appetitive motivational systems of the brain as a likely neurophysiological endophenotype of depression in the metric of cognitive evoked potentials. *Sibirskiy nauchnyy meditsinskiy zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal.* 2019; 39 (1): 13–20. [In Russian]. doi:10.15372/SSMJ20190102
17. Milner R., Rusiniak M., Lewandowska M., Wolak T., Ganc M., Piątkowska-Janko E., Bogorodzki P., Skarżyński H. Towards neural correlates of auditory stimulus processing: a simultaneous auditory evoked potentials and functional magnetic resonance study using an odd-ball paradigm. *Med. Sci. Monit.* 2014; 20: 35–46. doi: 10.12659/MSM.889712
18. 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
19. Тарасова И.В. Значение фоновой электроэнцефалограммы для диагностики когнитивных расстройств у кардиохирургических пациентов. *Сиб. мед. журн. (Томск).* 2019; 34 (1): 18–23. doi:10.29001/2073-8552-2019-34-1-18-23
- Tarasova I.V. Significance of resting state electroencephalogram for diagnosis of cognitive disorders in cardiac surgery patients. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal (Tomsk) = Siberian Medical Journal (Tomsk).* 2019; 34 (1): 18–23. [In Russian]. doi:10.29001/2073-8552-2019-34-1-18-23
20. Beck A.T., Steer R.A., Brown G.K. Beck depression inventory. 2nd edition manual. New York: The Psychological Corporation, 1996. 38 p.
21. Spielberger C.D., Gorsuch R.L., Lushene R.E. State-Trait Anxiety Inventory for adults: sampler set: manual, test, scoring key. Redwood City, CA: Mind Garden, 1983. 70 p.
22. Трубникова О.А., Тарасова И.В., Мамонтова А.С., Сырова И.Д., Малева О.В., Барбараш О.Л. Структура когнитивных нарушений и динамика биоэлектрической активности мозга у пациентов после прямой реваскуляризации миокарда. *Рос. кардиол. ж.* 2014; (8): 57–62. doi: 10.15829/1560-4071-2014-8-57-62
- Trubnikova O.A., Tarasova I.V., Mamontova A.S., Syrova I.D., Maleva O.V., Barbarash O.L. Structure of cognitive disorders and dynamics of bioelectric activity of the brain in patients after direct myocardial revascularization. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Cardiology.* 2014; (8): 57–62. [In Russian]. doi: 10.15829/1560-4071-2014-8-57-62
23. Cross-Villasana F., Finke K., Hennig-Fast K., Kilian B., Wiegand I., Müller H.J., Möller H.J., Töllner T. The speed of visual attention and motor-response decisions in adult attention-deficit/hyperactivity disorder. *Biol. Psychiatry.* 2015; 78 (2): 107–115. doi: 10.1016/j.biopsych.2015.01.016
24. Orme E., Brown L.A., Riby L.M. Retrieval and monitoring processes during visual working memory: an ERP study of the benefit of visual semantics. *Front. Psychol.* 2017; (8): 1080. doi: 10.3389/fpsyg.2017.01080
25. Приводнова Е.Ю., Вольф Н.В. Особенности временной динамики осцилляторной активности мозга при решении творческой задачи у молодых и пожилых испытуемых. *Физиол. человека.* 2016; 42 (5): 5–12. doi: 10.7868/S0131164616050131
- Privodnova E.Yu., Volf N.V. Features of temporal dynamics of oscillatory brain activity during creative problem solving in young and elderly adults. *Fiziologiya cheloveka = Human Physiology (Hum. Physiol.).* 2016; 42 (5): 469–475. [In Russian]. doi: 10.7868/S0131164616050131
26. Гнездицкий В.В., Чацкая А.В., Корепина О.С., Клочкова О.И. Оценка объема оперативной памяти по данным эндогенных вызванных потенциалов (метод P300) без психологического тестирования. *Анналы клин. и эксперим. неврол.* 2016; 10 (1): 27–34.
- Gnezditskiy V.V., Chatskaya A.V., Korepina O.S., Klochkova O.I. Assessment of the operative memory capacity based on endogenous evoked potentials (P300 method) without neuropsychological testing. *Annaly klinicheskoy i eksperimental'noy neurologii = Annals of Clinical and Experimental Neurology.* 2016; 10 (1): 27–34. [In Russian].

27. Wang Y., Liu G., Hong D., Chen F., Ji X., Cao G. White matter injury in ischemic stroke. *Prog. Neurobiol.* 2016; 141: 45–60. doi: 10.1016/j.pneurobio.2016.04.005
28. Weinstein G.S. Left hemispheric strokes in coronary surgery: implications for end-hole aortic cannulas. *Ann. Thorac. Surg.* 2001; 71 (1): 128–132. doi: 10.1016/s0003-4975(00)02208-6
29. Messerotti Benvenuti S., Zanatta P., Valfrè C., Polesel E., Palomba D. Preliminary evidence for reduced preoperative cerebral blood flow velocity as a risk factor for cognitive decline three months after cardiac surgery: an extension study. *Perfusion.* 2012; 27 (6): 486–492. doi: 10.1177/0267659112453475
30. Zanatta P., Messerotti Benvenuti S., Valfrè C., Baldanzi F., Palomba D. The role of asymmetry and the nature of microembolization in cognitive decline after heart valve surgery: a pilot study. *Perfusion.* 2012; 27 (3): 199–206. doi: 10.1177/0267659112437776
31. Ponomareva N., Klyushnikov S., Abramychева N., Malina D., Scheglova N., Fokin V., Ivanova-Smolenskaia I., Illarioshkin S. Alpha-theta border EEG abnormalities in preclinical Huntington's disease. *J. Neurol. Sci.* 2014; 344 (1-2): 114–120. doi: 10.1016/j.jns.2014.06.035
32. van den Berg E., Geerlings M.I., Biessels G.J., Nederkoorn P.J., Kloppenborg R.P. White matter hyperintensities and cognition in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: a domain-specific meta-analysis. *J. Alzheimers Dis.* 2018; 63 (2): 515–527. doi: 10.3233/JAD-170573
33. Uhlhaas P.J., Haenschel C., Nikolić D., Singer W. The role of oscillations and synchrony in cortical networks and their putative relevance for the pathophysiology of schizophrenia. *Schizophr. Bull.* 2008; 34 (5): 927–943. doi: 10.1093/schbul/sbn062

Сведения об авторах:

Ирина Валерьевна Тарасова, д.м.н., ORCID: 0000-0002-6391-0170, e-mail: iriz78@mail.ru

Нина Валерьевна Вольф, д.б.н., ORCID: 0000-0002-5779-4994

Дарья Сергеевна Куприянова, ORCID: 0000-0002-9750-5536

Ольга Александровна Трубникова, д.м.н., ORCID: 0000-0001-8260-8033

Ольга Леонидовна Барбараш, чл.-корр. РАН, ORCID: 0000-0002-4642-3610

Information about the authors:

Irina V. Tarasova, doctor of medical sciences, ORCID: 0000-0002-6391-0170, e-mail: iriz78@mail.ru

Nina V. Volf, doctor of biological sciences, ORCID: 0000-0002-5779-4994

Darya S. Kupriyanova, ORCID: 0000-0002-9750-5536

Olga A. Trubnikova, doctor of medical sciences, ORCID: 0000-0001-8260-8033

Olga L. Barbarash, corresponding member of RAS, ORCID: 0000-0002-4642-3610

Поступила в редакцию 03.12.2020

После доработки 28.01.2021

Принята к публикации 16.03.2021

Received 03.12.2020

Revision received 28.01.2021

Accepted 16.03.2021