<https://doi.org/10.23946/2500-0764-2020-5-1-101-111>

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДВОЙНЫХ ЗАДАЧ В ВОССТАНОВЛЕНИИ КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ У КАРДИОХИРУРГИЧЕСКИХ ПАЦИЕНТОВ

ТРУБНИКОВА О.А., * ТАРАСОВА И.В., БАРБАРАШ О.Л.

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний»,
г. Кемерово, Россия

Резюме

В настоящем обзоре литературы сообщается о современных тенденциях относительно применения метода двойных задач в восстановлении когнитивных функций при различных формах мозговой патологии, в том числе, старении, травматическом и ишемическом повреждении головного мозга. Двойная задача представляет собой когнитивный реабилитационный подход, подразумевающий одновременное выполнение физической активности (ходьба, бег или поддержание устойчивой позы (постуральный тренинг)) и когнитивных задач (внутренний счет, задачи на кратковременную память и внимание, дивергентные задачи). Двойные задачи с одномоментным вовлечением моторных и когнитивных функций ассоциированы со специфическими характеристиками мозговой активности и позволяют оценить компенсаторные ресурсы мозга как в норме, так и при его повреждении или возрастных изменениях. В обзоре описаны также основные нейрофизиологические механизмы действия двойных задач на когнитивные функции, эффекты трансфера и интерференции. В настоящий момент установлено, что при выполнении сложных, двойных заданий происходит более эффективная координация когнитивных процессов, обеспечиваю-

щая расширенные возможности для успешного когнитивного функционирования. В работе акцентировано внимание на высокой распространенности когнитивных нарушений у пациентов после кардиохирургических вмешательств и обозначены перспективы восстановления нарушенных в послеоперационном периоде когнитивных функций данной когорты пациентов с помощью двойных задач. Предполагается, что применение реабилитационного подхода с использованием двойных задач при задействовании параллельно мозговых областей, обеспечивающих исполнительный контроль, функции рабочей памяти, внимания и моторных зон коры может оказать значимый восстановительный эффект при когнитивном дефиците у пациентов после кардиохирургических вмешательств.

Ключевые слова: когнитивная реабилитация, двойные задачи, нейрофизиологические механизмы, эффект трансфера, кардиохирургические вмешательства.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источник финансирования

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Кемеровской области в рамках научного проекта № 20-415-420005 p_a.

Для цитирования:

Трубникова О.А., Тарасова И.В., Барбараш О.Л. Нейрофизиологические механизмы и перспективы использования двойных задач в восстановлении когнитивных функций у кардиохирургических пациентов. *Фундаментальная и клиническая медицина*. 2020; 5(2): 101-111. <https://doi.org/10.23946/2500-0764-2020-5-2-101-111>

*Корреспонденцию адресовать:

Трубникова Ольга Александровна, 650002, Россия, г. Кемерово, Сосновый бульвар, 6, E-mail: olgalet17@mail.ru
© Трубникова О.А. и др.

REVIEW ARTICLE

NEUROPHYSIOLOGICAL MECHANISMS AND PERSPECTIVE FOR THE USE OF DUAL TASKS IN RECOVERING COGNITIVE FUNCTION AFTER CARDIAC SURGERY

OLGA A. TRUBNIKOVA **, IRINA V. TARASOVA, OLGA L. BARBARASH

Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo, Russian Federation

English ►

Abstract

This review encompasses current trends regarding the use of dual tasks in recovering of cognitive functions in patients with age-associated cognitive decline, traumatic brain injury and brain ischemia. The dual task represents a cognitive rehabilitation approach which implies the simultaneous execution of physical activity (walking, running or postural training) and cognitive tasks (internal counting, short-term memory and attention tasks, divergent tasks). Dual tasks with the simultaneous involvement of motor and cognitive functions are associated with specific features of brain activity and permit evaluation of the brain compensatory resources both in the normal state and in age-associated cognitive decline or ischemic/traumatic injury. The review also describes the basic neurophysiological mechanisms of the dual task-associated action on cognitive functions including transfer and interference. Performing of complex, multidirectional tasks provides a more

efficient coordination of cognitive processes and improves the opportunities for successful cognitive functioning. The work underlines the high prevalence of cognitive impairment in cardiac surgery patients and shows the prospects of using dual tasks for the postoperative cognitive recovery. We assume that the rehabilitation using dual tasks involving brain areas providing executive control, working memory, attention and motor control can result in a pronounced cognitive recovery in cardiac surgery patients with cognitive impairment.

Keywords: cognitive rehabilitation, dual tasks, neurophysiological mechanisms, transfer effect, cardiac surgery.

Conflict of Interest

None declared.

Funding

The study was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research and the Kemerovo Region as part of a scientific project No. 20-415-420005 r_a.

For citation:

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

****Corresponding author:**

Dr. Olga A. Trubnikova, 6, Sosnovy Boulevard, Kemerovo, 650002, Russian Federation, E-mail: olgalet17@mail.ru
© Olga A. Trubnikova et al.

Проблема когнитивных нарушений в кардиохирургии

Сегодня известно, что проведение кардиохирургических вмешательств в условиях искусственного кровообращения (ИК) сопровождается различными негативными последствиями, среди которых развитие системного воспалительного ответа с последующей дисфункцией органов, микроэмболия мозговых сосудов и нарушения церебральной перфузии. Помимо это-

го, системный воспалительный ответ приводит к повреждению гематоэнцефалического барьера во время и после операции [1, 2]. Все эти факторы создают условия для развития эпизодов ишемии головного мозга, приводящие к возникновению неврологических послеоперационных осложнений, среди которых послеоперационная когнитивная дисфункция (ПОКД) занимает особое место [3, 4]. Частота развития ПОКД после проведения кардиохи-

рургических вмешательств, по данным разных авторов, варьирует от 40 до 70% в течение года после операции [5]. При этом когнитивный дефицит развивается в раннем послеоперационном периоде и может быть преходящим, однако у довольно большого числа пациентов (30–50%) сохраняется на протяжении и отдаленного послеоперационного периода [6]. Между тем, важно понимать, что качество жизни пациентов после операции зависит не только от успешно выполненного оперативного вмешательства, но и от ряда факторов, среди которых особое значение имеет сохранность когнитивных функций в послеоперационном периоде. Ухудшение когнитивного здоровья способствует снижению приверженности пациента к лечению, что, в свою очередь, может привести к прогрессированию и ухудшению прогноза основного заболевания [4, 7]. В проведенных ранее исследованиях продемонстрирована связь между сохранностью когнитивного статуса у пациентов со стабильной ишемической болезнью сердца и их приверженностью к лечению [8]. Показано, что пациенты, перенесшие коронарное шунтирование (КШ) и имеющие интактный когнитивный статус, в большем проценте случаев принимали кардиологические препараты, достигали целевых значений артериального давления, показателей липидного и углеводного обменов, снижали массу тела, отказывались от курения на протяжении 1 года после оперативного вмешательства. Доказано, что послеоперационный когнитивный дефицит может затруднять восстановительный процесс, снижать эффективность реабилитационных мероприятий, а зачастую и способность к возврату трудовой деятельности, что увеличивает финансовую нагрузку системы государственного здравоохранения [9, 10]. Таким образом, сохранение когнитивных функций у кардиохирургических пациентов является важной задачей современной медицины, что объясняет необходимость поиска новых подходов к восстановлению сниженных когнитивных функций и профилактике прогрессирования когнитивного дефицита.

Однако, несмотря на все усилия, предпринимаемые со стороны кардиохирургов и анестезиологов-реаниматологов по выработке превентивных стратегий в отношении снижения риска развития ПОКД у кардиохирургических пациентов, проблема развития послеоперационного когнитивного дефицита остается акту-

альной. Это дает основание для поиска новых стратегий, методов профилактики и реабилитации пациентов, перенесших кардиохирургические вмешательства с ПОКД. С этих позиций перспективным направлением представляется когнитивная реабилитация с помощью компьютеризированных программ. Данный вид реабилитации уже успешно применяется при лечении когнитивных нарушений при различных нозологиях, таких как черепно-мозговые травмы, болезнь Альцгеймера [11–13]. Цель данного метода состоит в восстановлении нарушенных когнитивных функций с помощью компьютерных упражнений или упражнений на бумаге. Компьютеризированные тренинговые программы имеют ряд преимуществ по сравнению с бумажными версиями, так как они могут повысить мотивацию пациента к лечению из-за прямой обратной связи [14, 15]. В последнее время в литературе появляются также сообщения об эффективности таких программ у пациентов после выполнения кардиохирургических вмешательств и, в частности, прямой реваскуляризации миокарда, выполненной в условиях ИК [16, 17]. Однако к подобного рода программам должны предъявляться особые требования. Они должны охватывать проблемные когнитивные функции, иметь приемлемую субъективную трудность выполнения, учитывать уровень владения компьютером, а также должны быть увлекательны для пациента.

Сегодня как наиболее перспективные с позиции реабилитационного потенциала рассматриваются комбинированные тренинги, состоящие из двух компонентов, которые представлены моторной и когнитивной задачей, так называемые «двойные задачи» [18–20]. Двойная задача представляет собой когнитивный реабилитационный подход, подразумевающий одновременное выполнение физической активности (ходьба, бег или поддержание устойчивой позы (постуральный тренинг)) и когнитивных задач (внутренний счет, задачи на кратковременную память и внимание, дивергентные задачи). Многочисленные исследования показали, что регулярные физические и когнитивные тренировки связаны с улучшением когнитивных функций [16, 19, 21–24]. Высказывается мнение, что сочетание когнитивной и физической активности в виде двойной задачи может быть эффективным инструментом для предотвращения снижения общей когнитивной функции при старении [25, 26]. Использование двойных за-

дач оказалось полезным в восстановлении нарушенных когнитивных функций у пациентов с болезнью Паркинсона, Альцгеймера, а также в профилактике риска падений пожилых людей [26-29]. Возможность использования двойных задач пациентами с различными формами поражения центральной нервной системы, в том числе ишемическими, активно обсуждается и требует проведения специальных исследований, так как нет однозначного мнения относительно их реабилитационного эффекта. Некоторые авторы указывают на положительный эффект их включения в реабилитационный курс [24], хотя довольно часто приводятся данные об ухудшении качества выполнения каждого из компонентов двойной задачи за счет преобладания процессов интерференции у лиц с повреждением головного мозга травматического или нейродегенеративного генеза [12, 25, 29]. Противоречивость результатов проведенных исследований может быть обусловлена выбором компонентов двойных задач, поэтому очень важен такой подбор вариантов, который учитывает особенности и тяжесть клинического статуса пациентов, а также форму церебральной патологии [30]. Следует отметить, что послеоперационный когнитивный дефицит в кардиохирургической когорте пациентов связан с диффузным, рассеянным поражением головного мозга, с преимущественным нарушением функций фронтальных и парието-окципитальных отделов коры [31]. Есть предположение, что применение реабилитационного подхода с использованием двойных задач при задействовании параллельно мозговых областей, обеспечивающих исполнительный контроль, функции рабочей памяти, внимания и моторных зон коры, может оказать значимый восстановительный эффект при таком типе когнитивного дефицита у пациентов после кардиохирургических вмешательств.

Нейрофизиологические аспекты использования двойных задач для когнитивной реабилитации (активация мозга при выполнении двойных задач по данным функциональной магнитно-резонансной томографии и электроэнцефалографии)

Двойные задачи с одномоментным вовлечением моторных и когнитивных функций ассоциированы со специфическими характеристиками мозговой активности и позволяют оценить компенсаторные ресурсы мозга как в норме, так и при его повреждении или возрастных изменениях.

G. Borghini и соавторы [32] проанализировали мощность биопотенциалов тета-ритма ЭЭГ как показателя степени рабочей нагрузки при выполнении двойной задачи здоровыми лицами. Ими получено увеличение мощности биопотенциалов тета-ритма в лобно-центральных областях коры с одновременным снижением альфа-активности в париетальных отделах мозга. Причем большую выраженность данного эффекта авторы получили при проведении эксперимента в ночные часы. Выдвинуто предположение, что естественное в рамках суточного цикла увеличение альфа-активности не происходило вследствие усиленного когнитивного контроля. Эти же авторы предлагают использовать мощность биопотенциалов ЭЭГ в тета-диапазоне для характеристики когнитивных процессов, связанных с многозадачностью [32, 33].

Л.А. Жаворонкова и соавторы в своих работах изучали успешность выполнения двойных задач у здоровых лиц и пациентов с травматическим поражением мозга, а также сопровождающие процесс выполнения двойных задач реактивные перестройки ЭЭГ [12, 30, 34]. Установлено, что моторные функции более устойчивы к воздействию травмы. Выполнение моторных упражнений в составе двойных задач сопровождалось гиперреактивными перестройками ЭЭГ за счет включения большего, чем у здоровых людей, числа ритмов, особенно высокочастотных (альфа-бета-диапазонов). Также перестройки ЭЭГ-паттернов были характерны для большего числа областей коры у пациентов с травматическим поражением головного мозга. Выявленная гиперреактивность ЭЭГ, предполагают авторы, отражает включение компенсаторных ресурсов мозга за счет усиления активации локальных нервных сетей в ранние сроки после травматического повреждения мозга [12]. В другом исследовании этой группы авторов выполнение двойных задач (поддержание вертикальной позы и серийный счет) здоровыми испытуемыми сопровождалось увеличением когерентности быстрых ритмов ЭЭГ преимущественно в центрально-париетальных отделах правого полушария (по сравнению с состоянием покоя) и медленных ритмов ЭЭГ в фронто-темпоральных отделах левого полушария [34]. Высказано предположение, что такая специфика частотно-пространственной организации ЭЭГ способствует успешному выполнению двойной задачи. Было обнаружено, что успешность выполнения двойных задач

ассоциирована с высокими ресурсами памяти – кратковременной, рабочей и пространственной. Вместе с тем указывается, что у пожилых здоровых лиц большее количество мозговых ресурсов вовлекается в решение именно когнитивной, но не моторной задачи [30].

R.A. Ozdemir и соавторы [35], анализируя ЭЭГ-корреляты выполнения двойных задач молодыми и пожилыми лицами, продемонстрировали увеличение дельта-, тета- и гамма-активности во фронтальных, центральных и центрально-париетальных отделах коры. В исследовании обнаружено, что дельта-колебания более чувствительны к сложным постуральным задачам и предположительно отражают участие медленной корковой ритмической активности в контроле координированных движений всего тела. Было также показано, что тета-ритмы были более чувствительны к сложности не моторных, а когнитивных задач у молодых и пожилых людей, с более выраженным увеличением тета-активности у молодых лиц. Изменения тета-активности могут лежать в основе нейронных коррелятов рабочей памяти, включая процессы кодирования и поиск информации. Гамма-колебания возрастали в большей степени у пожилых людей при выполнении сложных моторных заданий. Локализация этих изменений была связана с центральными и центрально-париетальными областями коры, что указывает на повышенную нагрузку на сети внимания.

В других работах, изучавших особенности мозговой активации, ассоциированных с выполнением двойных задач, продемонстрировано, что у лиц пожилого возраста из-за более высокой когнитивной нагрузки наблюдается повышенная активация префронтальной коры (ПФК), которая ассоциируется с памятью и вниманием, исполнительными функциями [36-38]. При выполнении двойной задачи (шагание с подсчетом сделанных шагов и одномоментное выполнение задачи серийного вычитания) показано, что пожилые участники перераспределяют ресурсы внимания в пользу выполнения вычислительной задачи за счет шагания, в то время как молодые субъекты могут сохранять надлежащее внимание как для серийного счета, так и для шаговой ходьбы [36]. В исследовании, проведенном A. Mirelman и соавторами [37], было обнаружено, что у пожилых людей повышенная активность ПФК наблюдается даже во время простой задачи, такой, как обычная ходьба, и нейронная активация в ПФК уве-

личивается с увеличением сложности задачи. Было высказано предположение, что повышение активности ПФК может предотвратить или смягчить возрастные изменения в головном мозге [38, 39]. Известно, что активация нейронов влечет за собой увеличение регионарного мозгового кровотока и метаболизма [40, 41]. Однако ряд авторов показали, что возрастные, а также патологические изменения головного мозга, происходят раньше и прежде всего во фронтальных отделах коры [36, 42, 43]. Данные магниторезонансной томографии у пациентов с атеросклерозом мозговых сосудов позволили установить, что наиболее выраженные ишемические изменения характерны для так называемых зон «водораздела», это фронтальные и париетальные отделы коры [44-46]. Было обнаружено, что оксигенация фронтальной коры была выше у более молодых субъектов по сравнению с пожилыми, но только при выполнении двойной задачи [47]. В более простом задании пожилые люди показывали сопоставимый с молодыми уровень префронтальной активации и снижали его при осуществлении более сложного двойного задания. Таким образом, вопрос о возможности вовлечения дополнительных мозговых ресурсов для сохранения эффективной производительности двойных задач пациентами пожилого возраста при заболеваниях, ассоциированных с атеросклерозом, остается неразрешенным.

Потенциальные преимущества и недостатки метода двойных задач, эффекты трансфера и интерференции

Качество выполнения двойных задач зависит от сложности как моторной, так и когнитивной задачи, более простые задания выполняются здоровыми лицами и пациентами быстрее и с более высоким качеством, чем сложные [34]. Успешность выполнения конкурентных задач зависит также от возраста испытуемых: молодые испытуемые более успешно выполняют двойные задачи по сравнению с отдельными когнитивными и моторными заданиями, чего не наблюдается у пожилых людей [35, 36, 47]. Показано, что у пожилых людей выполнение когнитивных задач было хуже по сравнению с молодыми участниками даже при выполнении одиночных когнитивных заданий [35]. При этом нарушения рабочей памяти в группе пожилых наблюдались при комбинации сложных когнитивных задач и любых моторных задач, в то время как различия в показателях постураль-

ного контроля становились значительными только при сочетании со сложными когнитивными задачами. Авторы полагают, что пожилые люди могут принять неавтоматизированную стратегию поддержания позы только при низкой когнитивной нагрузке.

Может наблюдаться и синергетический эффект между двумя параллельно выполняющимися задачами, что было продемонстрировано рядом исследований. В частности, был выявлен «нулевой» эффект интерференции при одновременном выполнении задачи конструирования и генерации глаголов [48]. Авторы выдвинули предположение, что генерация глаголов связана с активацией левой лобной и лобно-теменной коры. Эти же регионы коры отвечают за планирование целенаправленных действий. В другом исследовании было также показано, что улучшение когнитивных функций посредством тренировки с двумя заданиями может быть обусловлено второстепенной задачей, требующей аналогичных навыков и задействования схожих когнитивных процессов, что и для выполнения задания, на котором акцентируется первичный фокус внимания [18]. Также и в повседневной жизни постуральный контроль используется в качестве инструмента достижения различных перцептивных или моторных задач, которые часто требуют определенной степени когнитивной обработки. Таким образом, приобретенные на протяжении всей жизни автоматизированные постуральные навыки могут быть интегрированы с когнитивными способностями.

Однако в большом числе работ, посвященных двойным задачам, акцентируется внимание на ухудшении качества осуществления каждого из компонентов двойных задач (по сравнению с их изолированным выполнением) и развитии процессов интерференции. Это происходит за счет включения одних и тех же областей мозга в обеспечении каждой из задач [19, 49]. Например, поддержание определенной позы опосредуется как более высокоуровневыми, сознательно контролируруемыми (кортикальные петли на уровне базальных ганглиев), так и более низкими «автоматизированными» уровнями (ствол мозга) работы мозга. Исследования показали, что ослабление сознательного постурального контроля и направление фокуса внимания на собственное движение увеличивает вероятность нарушения координации и стабильности [19]. Обнаружено участие рабочей памяти, внимания, способности к быстро-

му его переключению в осуществлении произвольного контроля вертикальной позы [49]. Эти когнитивные способности базируются на таком морфологическом субстрате, как ПФК, которая к тому же является высшим центром регуляции двигательных актов, в том числе и контроля вертикальной позы. Как уже упоминалось ранее, процессы старения и ишемия мозга способствуют в первую очередь нарушению деятельности префронтальных отделов мозга [44-46]. В связи с этим выполнение двойной задачи у пожилых людей вследствие имеющегося дефицита ресурсов ПФК ставит под угрозу постуральную стабильность как из-за ухудшения системы постурального контроля, так и способности распределять внимание, помимо этого, увеличение сложности моторной и/или когнитивной задачи также снижает постуральную стабильность [50].

И все же двойные задачи могут быть эффективной тренирующей процедурой для улучшения состояния когнитивных функций, так как обладают более выраженным эффектом трансфера по сравнению с изолированными когнитивными тренингами или физическими упражнениями [51-53]. Эффектом трансфера обычно называют улучшение производительности в других когнитивных задачах в посттренировочный период по сравнению с базовым уровнем [54]. Обнаружено, что эффект трансфера изменяется в зависимости от сложности и модальности выполняемого задания [52]. Предполагается, что при выполнении сложных, двойных заданий происходит более эффективная координация когнитивных процессов, обеспечивающая возможность сосредоточиться на обеих задачах.

Перспективы использования двойных задач у кардиохирургических пациентов

В исследованиях прошлых лет было продемонстрировано, что использование когнитивных тренингов у здоровых пожилых людей может быть полезным с позиции сохранения когнитивного здоровья [54, 55]. Однако вопрос об эффективности подобного рода тренингов у пожилых лиц с заболеваниями сердечно-сосудистой системы, ассоциированными с атеросклерозом, остается открытым. Одной из основных нерешенных проблем является вопрос о влиянии когнитивного тренинга на дегенеративные и патологические сосудистые процессы при этих состояниях или же в этом случае наблюдается активация независимых от заболе-

вания механизмов, которые кумулятивно поддерживают когнитивные функции. Высказывается мнение о том, что компьютеризированная когнитивная тренировка обычно эффективна у здоровых пожилых людей, но она не приводит к структурной пластичности гиппокампа. Скорее всего, начальный объем гиппокампа предопределяет улучшение памяти после когнитивной тренировки [21]. С. Suo и соавторы сообщили о результатах исследования SMART, в котором компьютерный тренинг, задействовавший многие когнитивные функции, в сочетании с физическими тренировками, проводимый в течение 6 месяцев, способствовал сохранению и даже увеличению толщины коры в задней поясной извилине [56]. Авторы предполагают, что это является пролонгированным защитным механизмом от дальнейшего снижения функций памяти у женщин в возрасте от 55 лет и старше, уже имеющих признаки умеренных когнитивных расстройств.

Восстановление нарушенных когнитивных функций у пожилых пациентов с послеоперационным когнитивным дефицитом представляется особенной проблемой, так как с каждым годом увеличивается число лиц старше 60 лет, подвергающихся кардиохирургическим и другим вмешательствам в условиях ИК и общей анестезии. Для когорты пожилых лиц, подвергающихся торакальной хирургии, был предложен метод когнитивной обучающей терапии, заключающийся в комбинации двух простых когнитивных задач (чтение вслух и решение простых арифметических задач) [16]. Авторы исследования показали ряд преимуществ такого подхода к когнитивной реабилитации постхирургических пациентов: тренировку можно проводить как у когнитивно интактных пожилых людей, так и у людей, страдающих когнитивными расстройствами, не требует специальных устройств, так как дается в бумажном варианте для самостоятельной работы в удобное для участников время и занимает 15-30 минут в день. Нейровизуализационные исследования показывают, что чтение предложений или слов вслух [57, 58] и простые арифметические операции [59, 60] активируют лобную кору, височную и теменную ассоциативную кору головного мозга. Таким образом, продемонстрированная К. Kulason и соавторами когнитивная обучающая терапия была специально разработана для стимуляции этих отделов коры посредством соответствующих когнитивных задач [16].

Исследования, посвященные изучению эффективности использования компьютерных когнитивных программ у пациентов после выполнения кардиохирургических вмешательств единичны. Данные исследования О.В. Ереминой и соавторов свидетельствуют о том, что на фоне ежедневного проведения тренинга с помощью программы продолжительностью 20 минут в течение 10 дней послеоперационного периода улучшились показатели внимания и памяти у пациентов после КШ. Также отмечено, что у пациентов, включенных в реабилитационную группу, значительно ниже процент ПОКД по сравнению с контрольной группой [22]. Однако в данном исследовании не изучалась продолжительность полученного эффекта.

Е. de Tournay-Jetté и соавторы показали многообещающие результаты у пожилых пациентов (65 лет и старше), перенесших КШ [61]. Пациенты были рандомизированы в контрольную группу, которая не проводила никаких тренировок, и две экспериментальных группы, одна из которых выполняла последовательно тренировку внимания, а затем тренировку памяти; а вторая экспериментальная группа выполняла тренировку памяти и внимания методом двойной задачи. Анализ результатов нейропсихологического тестирования показал улучшение в тех когнитивных доменах, которые подвергались тренировке.

Как уже было отмечено ранее, у пациентов, перенесших кардиохирургическое вмешательство в условиях ИК, когнитивное снижение в послеоперационном периоде может захватывать несколько когнитивных функций. Можно предполагать, что применение когнитивной реабилитации с использованием двойных задач, начиная с раннего послеоперационного периода при ишемическом повреждении головного мозга, будет способствовать повышенной активации ПФК и тем самым препятствовать развитию и прогрессированию снижения вышеуказанных когнитивных функций. Однако какова выраженность благотворного эффекта подобных тренингов, каким комбинациям двойных задач отдать предпочтение, какая их интенсивность и продолжительность будут оптимальны для данной категории пациентов, а также насколько их эффекты будут долгосрочны, – эти вопросы предстоит решить исследователям.

Интересным представляется включение дивергентной задачи, требующей нестандартных

решений, как компонента двойной задачи в процесс восстановления нарушенных когнитивных функций. Ранее в психологических исследованиях установлено, что творческая деятельность в пожилом возрасте оказывает нейропротекторный эффект [62], позволяет замедлить развитие деменции [63, 64], а также снижает риск возникновения депрессии пожилого возраста [65]. В нейрофизиологических исследованиях установлено, что сохранность нестандартности и оригинальности мыслительного процесса является важным компонентом успешного ментального старения и находит свое отражение в специфических временных паттернах изменений активности мозга [66]. Реорганизация нейронных систем в процессе успешного решения когнитивных задач в пожилом возрасте и при одномоментном выполнении конкурентных задач имеет определенное сходство: реализация этих процессов в мозге осуществляется за счет подключения более широко рас-

пределенных ресурсов полушарий мозга [30, 67]. Таким образом, выполнение двойной задачи с подключением процессов дивергентного мышления может способствовать расширенной активации функциональных систем мозга. Возможно, это окажет более значительный восстановительный эффект на когнитивные ресурсы пациентов, перенесших кардиохирургическое вмешательство.

Заключение

Подводя итог вышесказанному, можно заключить, что изучение нейрофизиологических механизмов и эффективности двойной задачи как метода когнитивной реабилитации при ишемическом повреждении мозга представляется перспективным направлением как в разработке новых подходов к профилактике когнитивных нарушений, так и для расширения представлений о механизмах функционирования головного мозга в норме и при патологии.

Литература / References:

- Chokron S, Helft G, Perez C. Effects of age and cardiovascular disease on selective attention. *Cardiovasc Psychiatry Neurol.* 2013;2013:185385. <https://doi.org/10.1155/2013/185385>
- Kok WF, van Harten AE, Koene BM, Mariani MA, Koerts J, Tucha O, Absalom AR, Scheeren TW. A pilot study of cerebral tissue oxygenation and postoperative cognitive dysfunction among patients undergoing coronary artery bypass grafting randomised to surgery with or without cardiopulmonary bypass. *Anaesthesia.* 2014;69(6):613-22. <https://doi.org/10.1111/anae.12634>
- Indja B, Seco M, Seamark R, Kaplan J, Bannan PG, Grieve SM, Vallely MP. Neurocognitive and psychiatric issues post cardiac surgery. *Heart Lung Circ.* 2017;26(8):779-785. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2016.12.010>
- Трубникова О.А., Тарасова И.В., Малева О.В., Каган Е.С., Барбараш О.Л., Барбараш Л.С. Факторы развития стойкой послеоперационной когнитивной дисфункции у пациентов, перенесших коронарное шунтирование в условиях искусственного кровообращения. *Терапевтический архив.* 2017;89(9):41-47 [Trubnikova OA, Tarasova IV, Maleva OV, Kagan EU, Barbarash OL, Barbarash LS. Factors for the development of persistent postoperative cognitive dysfunction in patients undergoing coronary artery bypass surgery under extracorporeal circulation. *Therapeutic Archive.* 2017;89(9):41-47. (In Russ.).] <https://doi.org/10.17116/terarkh201789941-47>
- Mathew JP, White WD, Schinderle DB, Podgoreanu MV, Berger M, Milano CA, Laskowitz DT, Stafford-Smith M, Blumenthal JA, Newman MF; Neurologic Outcome Research Group of The Duke Heart Center. Intraoperative magnesium administration does not improve neurocognitive function after cardiac surgery. *Stroke.* 2013;44(12):3407-3413. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.113.004025>
- Evered LA, Silbert BS, Scott DA, Maruff P, Ames D. Prevalence of dementia 7.5 years after coronary artery bypass graft surgery. *Anesthesiology.* 2016;125(1):62-71. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000001143>
- Jessen F, Amariglio RE, van Boxtel M, Breteler M, Ceccaldi M, Chételat G, Dubois B, Dufouil C, Ellis KA, van der Flier WM, Glodzik L, van Harten AC, de Leon MJ, McHugh P, Mielke MM, Molinuevo JL, Mosconi L, Osorio RS, Perrotin A, Petersen RC, Rabin LA, Rami L, Reisberg B, Rentz DM, Sachdev PS, de la Sayette V, Saykin AJ, Scheltens P, Shulman MB, Slavin MJ, Sperling RA, Stewart R, Uspenskaya O, Vellas B, Visser PJ, Wagner M; Subjective Cognitive Decline Initiative (SCD-I) Working Group. Subjective Cognitive Decline Initiative (SCD-I) Working Group. A conceptual framework for research on subjective cognitive decline in preclinical Alzheimer's disease. *Alzheimers Dement.* 2014;10(6):844-52. <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2014.01.001>
- Трубникова О.А., Каган Е.С., Куприянова Т.В., Малева О.В., Аргунова Ю.А., Кухарева И.Н. Нейропсихологический статус пациентов со стабильной ишемической болезнью сердца и факторы, на него влияющие. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний.* 2017;6(1):112-121 [Trubnikova OA, Kagan ES, Kupriyanova TV, Maleva OV, Argunova YA, Kukhareva IN. Neuropsychological status of patients with stable coronary artery disease and factors affecting it. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2017;6(1):112-121. (In Russ.).] <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2017-1-112-121>
- Акчурин Р.С., Ширяев А.А., Васильев В.П., Галяутдинов Д.М., Власова Э.Е. Современные тенденции в коронарной хирургии. *Патология кровообращения и кардиохирургия.* 2017;21(3S):34-44 [Akchurin RS, Shiryayev AA, Vasiliev VP, Galyautdinov DM, Vlasova EE. Modern trends in coronary surgery. *Circulation Pathology and Cardiac Surgery.* 2017;21(3S):34-44. (In Russ.).] <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2017-3S-34-44>
- Gorelick PB. Prevention of cognitive impairment: scientific guidance and windows of opportunity. *J Neurochem.* 2018;144(5):609-616. <https://doi.org/10.1111/jnc.14113>

11. Bhamidipati D, Goldhammer JE, Sperling MR, Torjman MC, McCarey MM, Whellan DJ. Cognitive outcomes after coronary artery bypass grafting. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2017;31(2):707-718. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2016.09.028>
12. Жаворонкова Л.А., Максакова О.А., Шевцова Т.П., Морареску С.И., Купцова С.В., Кушнир Е.М., Иксанова Е.М. Двойные задачи – индикатор особенностей когнитивного дефицита у пациентов после черепно-мозговой травмы. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова.* 2019;119(8):46-52 [Zhavoronkova LA, Maksakova OA, Shevtsova TP, Morarescu SI, Kuptsova SV, Kushnir EM, Iksanova EM. Dual-tasks is an indicator of cognitive deficit specificity in patients after traumatic brain injury. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry.* 2019;119(8):46-52. (In Russ.).] <https://doi.org/10.17116/jnevro201911908146>
13. Коберская Н.Н. Современные представления о факторах риска, диагностике и терапии болезни Альцгеймера (по материалам международной конференции ассоциации болезни Альцгеймера, Лондон, 2017). *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика.* 2017;9(3):81-87 [Koberskaya NN. Current views of the risk factors, diagnosis, and therapy of Alzheimer's disease (according to the proceedings of the Alzheimer's Association International Conference, London, 2017). *Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics.* 2017;9(3):81-87. (In Russ.).] <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2017-3-81-87>
14. Politis AM, Norman RS. Computer-based cognitive rehabilitation for individuals with traumatic brain injury: a systematic review. *Perspectives of the ASHA Special Interest Groups.* 2016;1(2):18-46. <https://doi.org/10.1044/persp1.sig2.18>
15. Yoo C, Yong MH, Chung J, Yang Y. Effect of computerized cognitive rehabilitation program on cognitive function and activities of living in stroke patients. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(8):2487-2489. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.2487>
16. Kulason K, Nouchi R, Hoshikawa Y, Noda M, Okada Y, Kawashima R. The beneficial effects of cognitive training with simple calculation and reading aloud in an elderly postsurgical population: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials.* 2016;17:334. <https://doi.org/10.1186/s13063-016-1476-0>
17. Ajtahed SS, Rezapour T, Etemadi S, Moradi H, Habibi Asgarabad M, Ekhtari H. Efficacy of neurocognitive rehabilitation after coronary artery bypass graft surgery in improving quality of life: an interventional trial. *Front Psychol.* 2019;10:1759. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01759>
18. Tait JL, Duckham RL, Milte CM, Main LC, Daly RM. Influence of sequential vs. simultaneous dual-task exercise training on cognitive function in older adults. *Front Aging Neurosci.* 2017;9:368. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2017.00368>
19. Ghai S, Ghai I, Effenberg AO. Effects of dual tasks and dual-task training on postural stability: a systematic review and meta-analysis. *Clin Interv Aging.* 2017;12:557-577. <https://doi.org/10.2147/CIA.S125201>
20. Petrigna L, Thomas E, Gentile A, Paoli A, Pajaujiene S, Palma A, Bianco A. The evaluation of dual-task conditions on static postural control in the older adults: a systematic review and meta-analysis protocol. *Syst Rev.* 2019;8(1):188. <https://doi.org/10.1186/s13643-019-1107-4>
21. Engvig A, Fjell AM, Westlye LT, Skaane NV, Sundseth O, Walhovd KB. Hippocampal subfield volumes correlate with memory training benefit in subjective memory impairment. *Neuroimage.* 2012;61(1):188-19. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.02.072>
22. Eryomina OV, Petrova MM, Prokopenko SV, Mozheyko EY, Kaskaeva DS, Gavriluk OA. The effectiveness of the correction of cognitive impairment using computer-based stimulation programs for patients with coronary heart disease after coronary bypass surgery. *J Neurol Sci.* 2015;358(1-2):188-192. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2015.08.1535>
23. Аргунова Ю.А., Трубникова О.А., Мамонтова А.С., Сырова И.Д., Кухарева И.Н., Малева О.В., Барбараш О.Л. Влияние трехнедельного курса аэробных физических тренировок на нейродинамические показатели пациентов, перенесших коронарное шунтирование. *Российский кардиологический журнал.* 2016;21(2):30-3 [Argunova YuA, Trubnikova OA, Mamontova AS, Syrova ID, Kuhareva IN, Maleva OV, Barbarash OL. The influence of three-week aerobic exercise program on neurodynamic parameters of patients underwent coronary bypass grafting. *Russian Journal of Cardiology.* 2016;21(2):30-36. (In Russ.).] <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2016-2-30-36>
24. Sobol NA, Hoffmann K, Frederiksen KS, Vogel A, Vestergaard K, Brændgaard H, Gottrup H, Lolk A, Wermuth L, Jakobsen S, Laugesen L, Gergelyffy R, Høgh P, Bjerregaard E, Siersma V, Andersen BB, Johannsen P, Waldemar G, Hasselbalch SG, Beyer N. Effect of aerobic exercise on physical performance in patients with Alzheimer's disease. *Alzheimers Dement.* 2016;12(12):1207-1215. <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2016.05.004>
25. Wajda DA, Mirelman A, Hausdorff JM, Sosnoff JJ. Intervention modalities for targeting cognitive-motor interference in individuals with neurodegenerative disease: a systematic review. *Expert Rev Neurother.* 2017;17(3):251-261. <https://doi.org/10.1080/14737175.2016.1227704>
26. Commandeur D, Klimstra MD, MacDonald S, Inouye K, Cox M, Chan D, Hundza SR. Difference scores between single-task and dual-task gait measures are better than clinical measures for detection of fall-risk in community-dwelling older adults. *Gait Posture.* 2018;66:155-159. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.08.020>
27. Muir-Hunter SW, Wittwer JE. Dual-task testing to predict falls in community-dwelling older adults: a systematic review. *Physiotherapy.* 2016;102(1):29-40. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2015.04.011>
28. Ansai JH, Andrade LP, Rossi PG, Almeida ML, Carvalho Vale FA, Rebelatto JR. Association between gait and dual task with cognitive domains in older people with cognitive impairment. *J Mot Behav.* 2018;50(4):409-415. <https://doi.org/10.1080/00222895.2017.1363702>
29. Kleiner AFR, Souza Pagnussat A, Pinto C, Redivo Marchese R, Salazar AP, Galli M. Automated mechanical peripheral stimulation effects on gait variability in individuals with Parkinson disease and freezing of gait: a double-blind, randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2018;99(12):2420-2429. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2018.05.009>
30. Жаворонкова Л.А., Кушнир Е.М., Жарикова А.В., Купцова С.В., Шевцова Т.П., Куликов М.А., Воронов В.Г. Электроэнцефалографические характеристики здоровых людей с разной успешностью выполнения двойных задач (позный контроль и счет). *Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова.* 2015;65(5):597-606 [Zhavoronkova LA, Kushnir EM, Zharikova AV, Kupcova SV, Shevcova TP, Kulikov MA, Voronov VG. Electroencephalographic parameters of healthy persons with different successfulness of dual task performance (postural control and calculation). *I.P. Pavlov Journal of Higher Nervous Activity.* 2015;65(5):597-606. (In Russ.).] <https://doi.org/10.7868/S0044467715050160>

31. Tarasova IV, Trubnikova OA, Barbarash OL, Barbarash LS. Mild cognitive impairment, postoperative cognitive dysfunction and MCI-related changes in cortical activity in patients after coronary artery bypass grafting. In: Virginia Phillips, eds. *Mild Cognitive Impairment (MCI): Diagnosis, Prevalence and Quality of Life*. New York: 2017:63-82.
32. Borghini G, Vecchiato G, Toppi J, Astolfi L, Maglione A, Isabella R, Caltagirone C, Kong W, Wei D, Zhou Z, Polidori L, Vitiello S, Babiloni F. Assessment of mental fatigue during car driving by using high resolution EEG activity and neurophysiologic indices. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2012;2012:6442-5. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2012.6347469>
33. Borghini G, Astolfi L, Vecchiato G, Mattia D, Babiloni F. Measuring neurophysiological signals in aircraft pilots and car drivers for the assessment of mental workload, fatigue and drowsiness. *Neurosci Biobehav Rev*. 2014;44:58-75. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.10.003>
34. Жаворонкова Л.А., Жарикова А.В., Кушнир Е.М., Михалкова А.А., Купцова С.Б. Особенности реактивных перестроек ЭЭГ при выполнении двойных задач здоровыми испытуемыми (произвольный позный контроль и счет). *Физиология человека*. 2011;37(6):54-67 [Zhavoronkova LA, Zharikova AB, Kushnir EM, Mikhalkova AA, Kuptsova SB. Characteristics of EEG reactivity changes during the performance of dual tasks in healthy subjects (voluntary postural control and calculation). *Human Physiology*. 2011;37(6):54-67. (In Russ.).]
35. Ozdemir RA, Contreras-Vidal JL, Lee BC, Paloski W.H. Cortical activity modulations underlying age-related performance differences during posture-cognition dual tasking. *Exp Brain Res*. 2016;234(11):3321-3334. <https://doi.org/10.1007/s00221-016-4730-5>
36. Ohsugi H, Ohgi S, Shigemori K, Schneider EB. Differences in dual-task performance and prefrontal cortex activation between younger and older adults. *BMC Neurosci*. 2013;14:10. <https://doi.org/10.1186/1471-2202-14-10>
37. Mirelman A, Maidan I, Bernad-Elazari H, Shustack S, Giladi N, Hausdorff JM. Effects of aging on prefrontal brain activation during challenging walking conditions. *Brain Cogn*. 2017;115:41-46. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2017.04.002>
38. Tseng CF, Lee SH, Hsieh TC, Lee RP. Smart restored by learning exercise alleviates the deterioration of cognitive function in older adults with dementia-a quasi-experimental research. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(7):1270. <https://doi.org/10.3390/ijerph16071270>
39. Uchida S, Kawashima R. Reading and solving arithmetic problems improves cognitive functions of normal aged people: a randomized controlled study. *Age (Dordr)*. 2008;30(1):21-9. <https://doi.org/10.1007/s11357-007-9044-x>
40. Shulman RG, Hyder F, Rothman DL. Biophysical basis of brain activity: implications for neuroimaging. *Q Rev Biophys*. 2002;35(3):287-325. <https://doi.org/10.1017/s0033583502003803>
41. Kida I, Hyder F. Physiology of functional magnetic resonance imaging: energetics and function. *Methods Mol Med*. 2006;124:175-95. <https://doi.org/10.1385/1-59745-010-3:175>
42. Hoffmann M. The human frontal lobes and frontal network systems: an evolutionary, clinical, and treatment perspective. *ISRN Neurol*. 2013;2013:892459. <https://doi.org/10.1155/2013/892459>
43. Toepper M, Markowitsch HJ, Gebhardt H, Beblo T, Bauer E, Woermann FG, Driessen M, Sammer G. The impact of age on prefrontal cortex integrity during spatial working memory retrieval. *Neuropsychologia*. 2014;59:157-168. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.04.020>
44. Suzuki H, Matsumoto Y, Ota H, Sugimura K, Takahashi J, Ito K, Miyata S, Furukawa K, Arai H, Fukumoto Y, Taki Y, Shimokawa H. Hippocampal blood flow abnormality associated with depressive symptoms and cognitive impairment in patients with chronic heart failure. *Circ J*. 2016;80(8):1773-80. <https://doi.org/10.1253/circj.CJ-16-0367>
45. Dai W, Duan W, Alfaro FJ, Gavrieli A, Kourtellis F, Novak V. The resting perfusion pattern associates with functional decline in type 2 diabetes. *Neurobiol Aging*. 2017;60:192-202. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2017.09.004>
46. Wählin A, Nyberg L. At the Heart of Cognitive Functioning in Aging. *Trends Cogn Sci*. 2019;23(9):717-720. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2019.06.004>
47. Beurskens R, Helmich I, Rein R, Bock O. Age-related changes in prefrontal activity during walking in dual-task situations: a fNIRS study. *Int J Psychophysiol*. 2014;92(3):122-128. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2014.03.005>
48. van Rooreselaar N, Beke C, Gonzalez CLR. Dual-task performance of speech and motor skill: verb generation facilitates grasping behaviour. *Exp Brain Res*. 2020;238(2):453-463. <https://doi.org/10.1007/s00221-020-05725-x>
49. Жарикова А.В., Жаворонкова Л.А., Купцова С.Б., Кушнир Е.М., Куликов М.А., Михалкова А.А. Психологические и стабильнографические особенности здоровых людей с разным качеством выполнения двойных задач. *Физиология человека*. 2013;39(4):33-40 [Zharikova AV, Zhavoronkova LA, Kuptsova SB, Kushnir EM, Kulikov MA, Mikhalkova AA. Psychological and stabilographic features in healthy persons performing dual tasks with different quality. *Human Physiology*. 2013;39(4):33-40. (In Russ.).] <https://doi.org/10.7868/S0131164613030181>
50. Granacher U, Bridenbaugh SA, Muehlbauer T, Wehrle A, Kressig RW. Age-related effects on postural control under multi-task conditions. *Gerontology*. 2011;57(3):247-55. <https://doi.org/10.1159/000322196>
51. Salminen T, Kühn S, Frensch PA, Schubert T. Transfer after dual n-back training depends on striatal activation change. *J Neurosci*. 2016;36(39):10198-10213. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2305-15.2016>
52. Heinzel S, Rimpel J, Stelzel C, Rapp MA. Transfer effects to a multimodal dual-task after working memory training and associated neural correlates in older adults - a pilot study. *Front Hum Neurosci*. 2017;11:85. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00085>
53. Wang CH, Moreau D, Yang CT, Tsai YY, Lin JT, Liang WK, Tsai CL. Aerobic exercise modulates transfer and brain signal complexity following cognitive training. *Biol Psychol*. 2019;144:85-98. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2019.03.012>
54. Ballesteros S, Mayas J, Prieto A, Ruiz-Marquez E, Toril P, Reales JM. Effects of video game training on measures of selective attention and working memory in older adults: results from a randomized controlled trial. *Front Aging Neurosci*. 2017;9:354. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2017.00354>
55. Lampit A, Hallock H, Valenzuela MJ. Computerized cognitive training in healthy older adults: a systematic review and meta-analysis of effect modifiers. *PLoS Med*. 2014;11(11):e1001756. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001756>
56. Suo C, Singh MF, Gates N, Wen W, Sachdev P, Brodaty H, Saigal N, Wilson GC, Meiklejohn J, Singh N, Baune BT, Baker M, Foroughi N, Wang Y, Mavros Y, Lampit A, Leung I,

- Valenzuela MJ. Therapeutically relevant structural and functional mechanisms triggered by physical and cognitive exercise. *Molecular psychiatry*. 2016;21(11):1633-1642. <https://doi.org/10.1038/mp.2016.19>
57. Timmer K, Schiller NO. Neural correlates reveal sub-lexical orthography and phonology during reading aloud: a review. *Front Psychol*. 2014;5:884. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00884>
58. Berken JA, Gracco VL, Chen JK, Watkins KE, Baum S, Callahan M, Klein D. Neural activation in speech production and reading aloud in native and non-native languages. *Neuroimage*. 2015;112:208-217. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.03.016>
59. Arsalidou M, Taylor MJ. Is 2+2=4? Meta-analyses of brain areas needed for numbers and calculations. *Neuroimage*. 2011;54(3):2382-93. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.10.009>
60. Gullick MM, Wolford G. Brain systems involved in arithmetic with positive versus negative numbers. *Hum Brain Mapp*. 2014;35(2):539-51. <https://doi.org/10.1002/hbm.22201>
61. de Tournay-Jette E, Dupuis G, Denault A, Cartier R, Bherer L. The benefits of cognitive training after a coronary artery bypass graft surgery. *J Behav Med*. 2012;35(5):557-568. <https://doi.org/10.1007/s10865-011-9384-y>
62. McFadden SH, Basting AD. Healthy aging persons and their brains: promoting resilience through creative engagement. *Clin Geriatr Med*. 2010;26(1):149-161. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2009.11.004>
63. Johnson CM, Sullivan-Marx EM. Art therapy: Using the creative process for healing and hope among African American older adults. *Geriatr Nurs*. 2006;27(5):309-316. <https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2006.08.010>
64. Price KA, Tinker AM. Creativity in later life. *Maturitas*. 2014;78(4):281-286. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2014.05.025>
65. Parisi JM, Xia J, Spira AP, Xue QL, Rieger ML, Rebok GW, Carlson MC. The association between lifestyle activities and late-life depressive symptoms. *Act Adapt Aging*. 2014;38(1):1-10. <https://doi.org/10.1080/01924788.2014.878871>
66. Приводнова Е.Ю., Вольф Н.В. Топографические особенности тета-активности у молодых и пожилых испытуемых на начальном этапе решения креативной задачи: sLORETA анализ. *Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова*. 2018;68(3):304-312 [Privodnova EYu, Volf NV. Topographic features of theta activity in young and elderly subjects at the initial stage of creative problem solving: sLORETA analysis. *I.P. Pavlov Journal of Higher Nervous Activity*. 2018;68(3):304-312. <https://doi.org/10.7868/S0044467718030048>
67. Tang Y, Zhu Z, Liu Q, Li F, Yang J, Li F, Xing Y, Jia J. The efficacy of cognitive training in patients with vascular cognitive impairment, no dementia (the Cog-VACCINE study): study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2016;17(1):392. (In Russ.).] <https://doi.org/10.1186/s13063-016-1523-x>

Сведения об авторах

Трубникова Ольга Александровна, доктор медицинских наук, заведующий лабораторией нейрососудистой патологии, ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний» (650002, Россия, г. Кемерово, Сосновый бульвар, 6).

Вклад в статью: концепция литературного обзора, написание статьи.

ORCID: 0000-0001-8260-8033

Тарасова Ирина Валерьевна, доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории нейрососудистой патологии, ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний» (650002, Россия, г. Кемерово, Сосновый бульвар, 6).

Вклад в статью: концепция литературного обзора, написание статьи.

ORCID: 0000-0002-6391-0170

Барбараш Ольга Леонидовна, член-корр. РАН, доктор медицинских наук, профессор, директор ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний» (650002, Россия, г. Кемерово, Сосновый бульвар, 6).

Вклад в статью: редактирование статьи.

ORCID: 0000-0002-4642-3610

Статья поступила: 17.03.2020г.

Принята в печать: 29.05.2020г.

Контент доступен под лицензией CC BY 4.0.

Authors

Dr. Olga A. Trubnikova, MD, DSc, Head of Laboratory of Neurovascular Diseases, Department of Clinical Cardiology, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases (6, Sosnovy Boulevard, Kemerovo, 650002, Russian Federation).

Contribution: conceived and designed the study; wrote the manuscript.

ORCID: 0000-0001-8260-8033

Dr. Irina V. Tarasova, MD, DSc, Leading Researcher, Laboratory of Neurovascular Diseases, Department of Clinical Cardiology, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases (6, Sosnovy Boulevard, Kemerovo, 650002, Russian Federation).

Contribution: conceived and designed the study; wrote the manuscript.

ORCID: 0000-0002-6391-0170

Prof. Olga L. Barbarash, MD, DSc, Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Chief Executive Officer, Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases (6, Sosnovy Boulevard, Kemerovo, 650002, Russian Federation).

Contribution: manuscript editing.

ORCID: 0000-0001-8260-8033

Received: 17.03.2020

Accepted: 29.05.2020

Creative Commons Attribution CC BY 4.0.