

ОБЗОРЫ

© ГРИГОРЬЕВА В.Н., МАШКОВИЧ К.А., 2026

КОГНИТИВНЫЕ ТРЕНИРОВКИ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОДДЕРЖАНИЯ ЦЕРЕБРАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ И ПОЗНАВАТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ ПРИ СТАРЕНИИ

Григорьева В.Н., Машкович К.А.

Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород, Россия

Резюме

Цель работы — обобщить современные данные о влиянии когнитивных тренировок (КоТр) на познавательные функции и резервы головного мозга при старении у когнитивно сохранных лиц и пациентов с умеренным когнитивным расстройством (УКР).

Материал и методы. Проведен поиск публикаций в базах данных PubMed, Google Scholar и eLIBRARY.RU за 2018–2025 гг. с использованием сочетаний ключевых слов на русском и английском языках «когнитивные тренировки», «резервы мозга», «нейронные сети мозга», «виртуальная реальность», «коннективность», «здоровые» и «умеренное когнитивное расстройство». В анализ включались полнотекстовые исследования, оценивавшие изолированное влияние КоТр на познавательные функции и (или) показатели резервов головного мозга у здоровых лиц и пациентов с УКР. В результате отбора проанализировано 69 публикаций.

Результаты. КоТр, как правило, представлены стандартизированными, преимущественно компьютеризированными упражнениями, проводимыми с частотой от 2 до 5 раз в неделю, в среднем течение 4–12 недель. Для оценки их эффективности применяются валидизированные нейропсихологические тесты, а также методы нейровизуализации.

В большинстве рандомизированных контролируемых исследований получены доказательства статистически значимого положительного влияния КоТр на познавательную сферу и функциональное состояние головного мозга, более выраженного у когнитивно сохранных людей, чем у пациентов с УКР. Отмечаются корреляции между степенью улучшения когнитивных функций под влиянием КоТр у людей среднего и пожилого возраста и изменениями показателей функциональной связанности нейронных сетей, толщины церебральной коры и микроструктурной целостности белого вещества мозга.

Заключение. КоТр рассматриваются как перспективный метод поддержания когнитивного здоровья при старении, однако существенная гетерогенность методик и недостаточная устойчивость эффекта требуют разработки новых стандартизированных и доступных для практического применения программ когнитивных упражнений.

Ключевые слова: когнитивные тренировки, когнитивные функции, резервы мозга, умеренное когнитивное расстройство, старение

Для цитирования: Григорьева В.Н., Машкович К.А. Когнитивные тренировки как инструмент поддержания церебральных резервов и познавательных функций при старении. *Российский неврологический журнал*. 2026;31(2):4–14. DOI 10.30629/2658-7947-2026-31-2-4-14

Для корреспонденции: Григорьева В.Н., e-mail: vrgr@yandex.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование выполнено без финансовой поддержки.

Информация об авторах

Григорьева В.Н., <https://orcid.org/0000-0002-6256-3429>; e-mail: vrgr@yandex.ru

Машкович К.А., <https://orcid.org/0000-0001-9845-3523>; e-mail: griks@yandex.ru

COGNITIVE TRAINING AS A TOOL FOR MAINTAINING BRAIN RESERVES AND COGNITIVE FUNCTIONS DURING AGING

Grigoryeva V.N., Mashkovich K.A.

Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract

Aim. To summarize current evidence on the effects of cognitive training (CoTr) on cognitive function and brain reserves in cognitively intact individuals and patients with mild cognitive impairment (MCI) during aging.

Material and methods. The authors searched the PubMed, Google Scholar, and eLIBRARY.RU databases for publications from 2018 to 2025 using combinations of Russian and English keywords: “cognitive training,” “brain reserve,” “brain networks,” “virtual reality,” “connectivity,” “healthy,” and “mild cognitive impairment.” The review included full-text studies assessing the isolated effects of CoTr on cognitive function and/or neurobiological indicators reflecting brain reserve in healthy individuals and patients with MCI. A total of 69 publications were included in the final analysis.

Results. CoTr programs were typically standardized and predominantly computerized, administered 2–5 times per

week over 4–12 weeks. Training effectiveness was assessed using validated neuropsychological measures and neuroimaging techniques. Most randomized controlled trials provided evidence of statistically significant positive effects of CoTr on cognitive performance and brain parameters, with more pronounced benefits observed in cognitively healthy individuals than in patients with MCI. Associations were identified between CoTr-induced cognitive improvements in middle-aged and older adults and changes in functional connectivity of neural networks, cortical thickness, and microstructural integrity of cerebral white matter.

Conclusion. Cognitive training is considered a promising strategy for maintaining cognitive health. However, heterogeneity of existing training protocols and limited durability of effects indicate the need for further development of standardized and available cognitive exercise programs.

Key words: cognitive training, cognitive functions, brain reserves, mild cognitive impairment, aging

For citation: Grigoryeva V.N., Mashkovich K.A. Cognitive training as a tool for maintaining brain reserves and cognitive functions during aging. *Russian Neurological Journal (Rossijskij Nevrologicheskij Zhurnal)*. 2026;31(2):4–14. (In Russian). DOI 10.30629/2658-7947-2026-31-2-4-14

For correspondence: Grigoryeva V.N., e-mail: vrgr@yandex.ru

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

Funding. The study had no sponsorship.

Information about authors

Grigoryeva V.N., <https://orcid.org/0000-0002-6256-3429>; e-mail: vrgr@yandex.ru

Mashkovich K.A., <https://orcid.org/0000-0001-9845-3523>; e-mail: griks@yandex.ru

Received 10.03.2026

Accepted 25.03.2026

Сокращения: КоТр — когнитивные тренировки, УКР — умеренное когнитивное расстройство, МРТ — магнитно-резонансная томография, фМРТ — функциональная МРТ, DMN — default mode network (сеть пассивного режима работы головного мозга), FPN — frontoparietal network (лобно-теменная сеть), DTI — diffusion tensor imaging (диффузионная тензорная МРТ).

Введение. Увеличение продолжительности жизни человека, наблюдающееся в настоящее время, сопряжено с повышением распространенности возраст-ассоциированных когнитивных расстройств [1–3]. Неуклонный рост числа людей, страдающих деменцией, признан одной из важнейших медицинских и социально-экономических проблем современного мира [1, 3–5]. Поиск путей обеспечения когнитивного долголетия привел к развитию научных представлений о резервах мозга, формирование которых препятствует регрессу познавательных функций при физиологическом и патологическом (связанном с заболеваниями) старении [3, 6, 7]. Одним из факторов укрепления резервов мозга и поддержания нейрокогнитивного здоровья признана высокая когнитивная активность человека [8, 9]. В этой связи особое внимание стало уделяться вопросам целенаправленного применения когнитивных тренировок (КоТр) [2, 4, 5, 8, 10, 11].

Цель работы — обобщить современные данные о влиянии КоТр на познавательные функции и резервы головного мозга при старении у когнитивно сохранных лиц и пациентов с умеренным когнитивным расстройством (УКР).

Материал и методы. Поиск осуществлялся в базах данных и поисковых системах PubMed, Google Scholar, eLIBRARY.RU с использованием следующих

ключевых слов и их сочетаний на русском и английском языках: «когнитивные тренировки» и «(резервы мозга или нейросети мозга ИЛИ виртуальная реальность, или коннективность)», и «(здоровые лица или умеренное когнитивное расстройство)». Исследования включались в анализ, если они отвечали следующим критериям: 1) представляли собой полнотекстовые статьи; 2) были опубликованы в 2018–2025 гг.; 3) содержали оценку изолированного влияния КоТр на познавательные функции и/или показатели состояния головного мозга, характеризующие его резервы; 4) касались здоровых лиц или пациентов с УКР; 5) были опубликованы на русском или английском языках. Критериями исключения являлись: 1) описания клинических случаев; 2) тезисы конференций; 3) детский возраст пациентов. Дополнительно допускалось включение в обзор статей, опубликованных ранее 2018 г., если они имели непосредственное отношение к обсуждаемой теме, а информация не устарела. На этапе поиска в базах данных было отобрано 475 статей. После их оценки на соответствие критериям включения и исключения, а также исключения работ, дублировавших результаты одного и того же исследования, в обзор было включено 69 статей.

Результаты. КоТр определяются как регулярное выполнение стандартизированных задач для активизации и улучшения когнитивных функций [3, 12–14]. КоТр имеют профилактическую направленность и предназначены для стабилизации познавательных функций при старении здоровых людей («физиологическое старение») и пациентов с возраст-зависимой патологией головного мозга («патологическое старение») [1, 3, 15]. Предполагается, что проведение КоТр при УКР может отдалить развитие деменции [16]. Изучается целесообразность проведения КоТр также и у больных с легкой деменцией [14].

КоТр предлагается отличать от когнитивной реабилитации, которая проводится с участием мультидисциплинарной бригады специалистов для восстановления или компенсации когнитивных функций и навыков у пациента, перенесшего инсульт, черепно-мозговую травму или иное повреждение головного мозга [14]. Тем не менее, границы между указанными направлениями нелекарственной стимуляции познавательной активности условны, поскольку составляющие их основу когнитивные упражнения и принципы их назначения близки [10, 17, 18].

Варианты тренировок познавательных функций разнообразны. По направленности упражнений на стимуляцию одного либо одновременно нескольких компонентов познавательной деятельности различают многокомпонентные (мультимодальные) и однокомпонентные (мономодальные) КоТр [4, 11, 15, 19–21]. Тренировки могут быть изолированными либо сочетаться с другими немедикаментозными воздействиями на когнитивную сферу, чаще всего — с ритмической транскраниальной магнитной стимуляцией или транскраниальной стимуляцией постоянным током [2, 22, 24–27], а также физическими упражнениями [5, 23, 28].

Одно из направлений КоТр для больных с УКР и легкой деменцией (но не для здоровых людей) включает сочетание когнитивных упражнений с когнитивно-поведенческой терапией [29]. Такого рода программа, обозначенная как «Когнитивная стимулирующая терапия», исходно была разработана в начале 2000-х годов в Великобритании и в дальнейшем, претерпев ряд модификаций, стала использоваться и в других странах [29–31].

В большинстве случаев КоТр проводятся с частотой 2–5 раз в неделю, в среднем на протяжении 4–12 нед. Они предназначены для конкретных профессий (операторов, летчиков, пожарных), либо имеют неспецифическую направленность [3, 32].

В зависимости от технического обеспечения КоТр подразделяют на осуществляемые в комнатных условиях (с применением «бумажных» бланков или компьютерных технологий) и проводимые в условиях естественной окружающей среды [26, 33]. Бланковые методики до сих пор остаются востребованными [3, 33], но предпочтение отдается компьютерным КоТр [10, 28, 34–36]. Использование компьютера облегчает стандартизацию заданий и количественную оценку результатов, позволяет участникам тренироваться дома, а консультантам — дистанционно анализировать высылаемые на веб-сервер данные, одновременно мониторируя приверженность к занятиям [10, 17, 19, 20, 22, 34–38]. Компьютерные упражнения, имеющие нередко игровой формат, выполняются с применением самых разных технических устройств и программного обеспечения, включая приложения для смартфонов [27, 28, 32, 39].

Новые перспективы для проведения КоТр открылись после внедрения в практику технологий виртуальной реальности [37, 40–45]. Однако, несмотря на растущую популярность занятий с эффектом

погружения в искусственно созданное информационное пространство, ряд авторов относится к таким упражнениям скептически, утверждая, что на данный период времени нет убедительных доказательств их превосходства над другими, менее дорогими и более доступными видами стимулирующих когнитивных воздействий [8].

Результаты КоТр зависят от целого ряда факторов, имеющих отношение как к самим упражнениям (модальность, продолжительность, интенсивность, условия проведения и др.), так и целевой аудитории (пол и возраст участников, уровень образования, мотивация к занятиям, наличие признаков поражения головного мозга) [4, 12, 25, 42, 46, 47].

Механизмы влияния КоТр на познавательные функции при старении в самых общих чертах связывают с замедлением возрастных изменений головного мозга. Установлено, что в среднем после достижения 40 лет объем серого вещества мозга уменьшается приблизительно на 5% за каждое десятилетие, и одновременно с этим ухудшается целостность белого вещества и состояние межнейронных связей [3]. Однако возрастные морфо-функциональные изменения головного мозга происходят у разных людей с разной скоростью [3, 7]. Для объяснения этого феномена была сформулирована концепция «мозгового резерва» (определяемого морфологическими характеристиками мозга) и «когнитивного резерва» (определяемого церебральной функциональной активностью) [3, 6, 7, 48]. Указанные обозначения нередко заменяются общим термином «резервы мозга» [49]. Способность КоТр противодействовать возраст-ассоциированному когнитивному снижению в самых общих чертах объясняют повышением таких резервов [8, 9, 13, 14, 19, 35, 50].

Механизмы, посредством которых КоТр способны поддерживать и укреплять церебральные резервы, обсуждаются на молекулярном, нейрофункциональном и нейроморфологическом уровнях. Показано, что КоТр стимулируют увеличение содержания нейротрофических факторов и активацию метаболизма глюкозы в головном мозге [51, 52]. На функциональном уровне положительные эффекты когнитивных упражнений объясняют повышением синаптической пластичности, реорганизацией компенсаторных нейронных сетей, а также оптимизацией функциональных взаимодействий между полушариями головного мозга [14, 38, 53, 54]. Изменения нейропластичности под влиянием КоТр могут сопровождаться морфологическими изменениями — увеличением объема серого вещества церебральной коры и улучшением микроструктурной целостности белого вещества головного мозга, что клинически проявляется стабилизацией или улучшением когнитивных функций [45, 55, 56].

Для изучения морфологических изменений, вызываемых КоТр, применяют магнитно-резонансную томографию (МРТ) с морфометрией гиппокампа, а также диффузионную тензорную МРТ (англ.

diffusion tensor imaging (DTI)) [55]. Микроструктурные характеристики белого вещества мозга определяют по данным позитронно-эмиссионной томографии [7, 58]. Оценку функциональных нейронных сетей осуществляют с применением таких методов, как функциональная магнитно-резонансная томография (фМРТ), электроэнцефалография, магнитоэнцефалография, позитронно-эмиссионная томография [48, 55].

Клиническую эффективность КоТр оценивают по ближайшим результатам (англ. — proximal outcomes), то есть по показателям выполнения тренировочных упражнений [13, 47], а также по степени распространения («переноса») эффекта на задания другого рода [12]. Улучшение выполнения упражнений, которые отличаются от тренировочных по содержанию, но активируют те же самые когнитивные процессы, называют «ближним переносом» (англ. — near transfer), а заданий, которые вовлекают иные сферы познавательной деятельности, — «дальним переносом» (англ. — far transfer) [3, 13, 38, 47, 59]. Наряду с этим, важным критерием результативности КоТр признано распространение достигаемых в их ходе успехов на повседневные возможности человека [13, 18, 38, 59, 60].

Детальнее остановимся на эффектах КоТр у здоровых людей. Положительное влияние КоТр на познавательные функции у когнитивно сохраненных лиц среднего и пожилого возраста доказано большинством авторов [9, 14, 15, 38, 44, 47, 54]. Так, рандомизированное контролируемое исследование Е.М. Boutzoukas и соавт. продемонстрировало, что 12-недельный курс упражнений на внимание, скорость обработки информации и рабочую память у здоровых пожилых лиц привел к более выраженному улучшению познавательных функций, чем общеобразовательные занятия [47]. D.R.Kim и соавт. обнаружили статистически значимое улучшение памяти и внимания у женщин среднего возраста после 12-недельного курса индивидуальных КоТр с применением технологий виртуальной реальности [44]. Результаты, полученные С. Kotliar и соавт. в открытом рандомизированном контролируемом исследовании с участием 76 здоровых людей среднего и пожилого возраста, свидетельствовали о том, что применение разноплановых обучающих методик и упражнений на протяжении 12 нед. привело к существенному улучшению когнитивных возможностей; общая оценка которых по сравнению с исходной увеличилась на 5% в группе тренировок, в то время как в контрольной группе она несколько снизилась ($p < 0,001$) [15].

Исследование F.U. Fischer и соавт. с участием 180 когнитивно сохраненных людей старше 60 лет доказало, что курс компьютерных упражнений для управляющих функций, логического мышления, рабочей памяти, внимания и скорости обработки информации (12 сессий на протяжении 4 нед.) привел к более выраженному улучшению показателей нейропсихологического тестирования в группе участников тренинга по сравнению с контрольной группой. У 41,1%

тренировавшихся лиц улучшение распространилось на новые задания, и у четверти из них эффект переноса сохранился на протяжении последующих трех месяцев [38].

Осуществленный С. Basak и соавт. [4] метаанализ результатов 215 рандомизированных контролируемых исследований, включавших здоровых людей наряду с пациентами с УКР, также продемонстрировал повышение познавательных возможностей после КоТр (размер эффекта g Хеджеса = 0,28, $p < 0,001$). Улучшение распространялось как на функции, которые тренировались (ближний перенос), так и на те, которые тренировкам не подлежали (дальний перенос). Многокомпонентные тренировки оказались результативнее в плане достижения дальнего переноса и распространения эффекта на повседневные навыки [4]. В то же время, ряд авторов обращает внимание на непродолжительность эффекта КоТр у здоровых лиц пожилого возраста, который во многих случаях регистрируется лишь на момент завершения курса занятий [20, 61, 62].

Влияние КоТр на состояние функциональных нейронных сетей головного мозга у когнитивно сохраненных лиц варьирует по своей направленности и степени выраженности по данным разных исследователей [54, 63, 64]. T.D. Van Balkom и соавт. опубликовали систематический обзор 20 завершенных к ноябрю 2018 года контролируемых испытаний, в которых пожилым людям до и после курса КоТр выполняли фМРТ [11]. Авторы обзора особое внимание уделяли состоянию «когнитивных сетей» мозга, к которым они отнесли сеть пассивного режима работы головного мозга (англ. — default mode network (DMN)), лобно-теменную сеть (англ. — frontoparietal network (FPN)), а также дорсальную и вентральную сети внимания. Анализ публикаций показал, что у здоровых пожилых людей КоТр увеличивали функциональную связанность в состоянии покоя в пределах отдельных нейронных сетей (в наибольшей степени — в DMN), но при этом уменьшали связанность между разными нейросетями, что сопровождалось улучшением когнитивных функций [11]. Поскольку при старении происходит ослабление внутренних связей в отдельных нейронных сетях мозга и усиление связей между различными сетями, то полученные результаты, по мнению авторов, указывают на то, что КоТр противодействуют церебральным возраст-ассоциированным изменениям [11].

В таблице 1 отражены результаты проспективных рандомизированных контролируемых исследований с применением фМРТ, проведенных с 2018 по 2025 г., оценивавших влияние изолированных КоТр на функциональную связанность нейронных сетей и нейронную активность различных областей головного мозга у когнитивно сохраненных людей разного возраста.

Обращает внимание то, что одни из перечисленных в таблице исследований указывают на увеличение, а другие — на уменьшение функциональной связанности нейронных сетей мозга после курсов

Влияние когнитивных тренировок на функциональную активность головного мозга у когнитивно сохранных людей по данным проспективных рандомизированных контролируемых исследований

Характер тренировок	Тип исследования, участники	Эффекты когнитивных тренировок
C. Bentham et al., 2019; Компьютерные мультимодальные КоТр, 20 занятий по 20–60 мин на протяжении 20–25 дней [46]	47 человек пожилого возраста; Две группы: а) когнитивно-сохранные люди (средний возраст 67,64 [станд. откл. 7,35] года); б) пациенты с УКР (средний возраст 73,86 [станд. откл. 5,21] года)	В группе здоровых людей после курса КоТр наблюдалось повышение функциональной связанности в задних отделах сети DMN, менее выраженное при наличии клинически асимптомной гиперинтенсивности белого вещества головного мозга по данным МРТ
N. Gu et al., 2021; Компьютерные мультимодальные КоТр, 24 занятия по 60 мин в течение 12 нед. [53]	94 человека пожилого возраста (65–75 лет); 3 группы: а) с КоТр; б) с физическими тренировками; в) контрольная	Через год в группе КоТр, в отличие от контрольной группы, выявлено ослабление функциональных связей правой энторинальной коры с рядом областей височной и теменной долей, и усиление связей с бледным шаром
A. Mikos et al., 2021; Компьютерные КоТр на запоминание и узнавание местоположения объектов, 15 занятий по 30–45 мин в течение 3 нед. [54]	67 людей пожилого возраста (60–75 лет); 2 группы: а) с КоТр; б) контрольная	В группе «а» произошло увеличение степени деактивации дорсальной части сети DMN во время выполнения теста на объектно-пространственную память после курса КоТр, сохранявшаяся на протяжении последующих 4 мес.
F.G. Yang et al., 2022; 28 ежедневных тренировок артикуляции, в течение 4 нед. [63]	40 людей пожилого (≥ 60 лет) возраста; 2 группы: а) с КоТр; б) контрольная	В группе КоТр отмечалось усиление функциональных связей в тех зонах лобной и височной долей, которые вовлечены в обеспечение функций речи и памяти
C. Hardcastle et al., 2022; Компьютерные КоТр внимания/скорости обработки информации и рабочей памяти, 15–20 занятий по 40 мин в течение 12 нед. [57]	58 человек пожилого и старческого возраста (65–89 лет); 2 группы: а) с КоТр; б) контрольная	В группе участников КоТр наблюдалось повышение функциональной связанности в сети FPN после завершения курса занятий
E. Necka et al., 2021; Тренировки рабочей памяти, 5 дней в неделю, по 30–35 мин, в течение 2 нед. [60]	46 молодых людей (средний возраст 27,2 [станд. откл. 3,39] года); 2 группы: а) с КоТр; б) контрольная	Не выявлено влияния КоТр на уровни нейронной активации в областях мозга, обеспечивающих выполнение задания N-back
I. Ripp et al., 2022; Тренировки рабочей памяти с применением усложняющегося задания N-back, 4 занятия в неделю по 20 мин в течение 8 нед. [64]	55 человек среднего и пожилого возраста (50–64 лет); 2 группы: а) с КоТр; б) контрольная	Не обнаружено влияния тренировок рабочей памяти на функциональную связанность основных нейронных сетей в состоянии покоя
L. Zheng et al., 2025; КоТр навыков зрительно-пространственной навигации либо вербальной памяти, 10 занятий по 2 ч в течение 4–8 нед. [21]	75 молодых людей (возраст не указан); 3 группы: а) с тренировками пространственной навигации; б) с тренировками вербальной памяти; в) контрольная	КоТр вызвали усиление функциональной связанности в процессе выполнения теста на ассоциативную память, которое было зарегистрировано преимущественно в областях коры головного мозга, включающих нейронную сеть когнитивного контроля

занятий. В работах E. Necka и соавт. и I. Ripp и соавт., обследовавших здоровых лиц молодого и среднего возраста, влияния КоТр на функциональное состояние головного мозга вообще не было выявлено [60, 64]. Разнонаправленность результатов может объясняться не только гетерогенностью протоколов исследований, но и разным возрастом участников. По мнению L.E. Oberlin и соавт., у людей молодого возраста ослабление функциональной связанности внутри нейронных сетей после КоТр свидетельствует о повышении эффективности работы таких сетей, которые приобретают способность обеспечивать решение задач прежней сложности при меньших затратах ресурсов [2]. Старение, однако, сопровождается уменьшением обособленности и специализации («сегрегации») разных нейронных сетей, поэтому усиление внутрисетевой связанности после КоТр может расцениваться как позитивный эффект, отражающий компенсацию неблагоприятных возрастных изменений [2].

Влияние КоТр на морфологические характеристики структур головного мозга у когнитивно

сохранных лиц служит отдельной темой исследований [19, 38, 48, 59, 65]. Оцениваются такие индикаторы резервов мозга, как толщина серого вещества различных отделов коры головного мозга и микроструктурная целостность проводящих путей [6, 19, 38, 59, 65]. Особое внимание уделяется гиппокампу, играющему важнейшую роль в обеспечении процессов памяти, но значительно уменьшающемуся в объеме при старении [58]. Оценка МРТ морфометрических показателей в работе Q. Wu и соавт. показала, что после 8-недельного тренинга рабочей памяти у здоровых участников среднего и пожилого возраста отмечалось более выраженное увеличение толщины некоторых зон церебральной коры по сравнению с людьми из группы активного контроля [65]. Исследование A.C.S. Bråthen и соавт. с участием 157 когнитивно сохранных людей молодого и пожилого возраста продемонстрировало, что курс (два периода по 10 недель) тренировок запоминания слов с помощью мнемонических приемов вызвал не только стойкое (сохранившееся на протяжении последующих трех лет) улучшение вербальной памяти,

Table 1

The effect of cognitive training on functional brain activity in cognitively intact individuals based on the results of prospective randomized controlled trials

Study authors, year, training characteristics	Study participants	The effect of cognitive training
C. Bentham et al., 2019; computer multimodal CoTr, 20 sessions of 20–60 minutes each over 20–25 days [46]	47 elderly people; 2 groups: a) cognitively intact people (mean age 67.64 [standard deviation 7.35] years); 2) patients with MCI, mean age 73.86 [standard deviation 5.21] years	After a course of CoTr, healthy individuals showed increased functional connectivity in the posterior DMN, which was less pronounced in those with clinically asymptomatic white matter hyperintensity on MRI
N. Gu et al., 2021; computer-based multimodal CoTr, 24 sessions of 60 minutes each over 12 weeks [53]	94 elderly people (65–75 years old); 3 groups: a) with CoTr; b) with physical training; c) control	After a year, in the CoTr group, in contrast to the control group, a decrease in the functional connections of the entorhinal cortex with areas of the temporal and parietal lobes and an increase in connections with the globus pallidus were observed
A. Mikos et al., 2021; Computerized CoTr for memorizing and recognizing the location of objects, 15 sessions of 30–45 minutes each over 3 weeks [54]	67 elderly people (60–75 years old); 2 groups: a) with CoTr b) control	After completing the CoTr, participants showed an increase of deactivation of the dorsal DMN during the performance of the object-spatial memory test, which remained for the next 4 months.
F.G. Yang et al., 2022; 28 daily articulation exercises for 4 weeks [63]	40 elderly people (≥ 60 years old); 2 groups: a) with CoTr; b) control	After completing the CoTr, participants showed increased functional connections in those areas of the frontal and temporal lobes that are responsible for speech and memory
C. Hardcastle et al., 2022; Computerized tests of attention/information processing speed and working memory, 15–20 sessions of 40 minutes each over 12 weeks [57]	58 elderly and senile individuals (65–89 years old); 2 groups: a) with CoTr; b) control	In the CoTr group, an increase in functional connectivity in the FPN was observed after completion of the course of training
E. Necka et al., 2021; Working memory training using the progressively more difficult N-back task, 5 days a week, 30–35 minutes each session, for 2 weeks [60]	46 young people (mean age 27.2 [standard deviation 3.39] years); 2 groups: a) with CoTr; b) control	No effect of CoTr on the levels of neural activation in the brain regions responsible for the N-back task was found
I. Ripp et al., 2022; Working memory training using the increasingly difficult N-back task, 4 sessions per week, each lasting 20 minutes, for 8 weeks [64]	55 middle-aged and elderly people (50–64 years old); 2 groups: a) with CoTr; b) control	No effect of working memory training on functional connectivity of neural networks at rest was found
L. Zheng et al., 2025; CoTr visual-spatial navigation or verbal memory, 10 sessions, 2 hours each, for 4–8 weeks [21]	75 young people (age not specified); 3 groups: a) spatial navigation training; b) verbal memory training; c) control	CoTr induced an increase in functional connectivity during the associative memory test, which was observed predominantly in those areas of the cerebral cortex that contain the neural network of cognitive control

но и увеличение объема гиппокампа. Однако через 3 года общий объем гиппокампа по данным МР-морфометрии не различался у тех, кто участвовал и не участвовал в тренировках. Авторы пришли к выводу о необходимости регуляторного повторения КоТр для поддержания объема гиппокампа [61].

S. Dziemian и соавт. разработали 4-недельный курс компьютерных тренировок рабочей памяти, предусматривавший постепенное увеличение сложности заданий с учетом индивидуальных способностей участников [19]. К концу занятий у участников тренировок, в отличие от лиц из группы контроля, улучшилась не только рабочая память, но и показатели микроструктурной целостности белого вещества головного мозга [19].

Исследование T. Zhang и соавт. также продемонстрировало позитивное влияние 8-недельного курса компьютерных тренировок рабочей памяти на нейропластичность и морфологию головного мозга у здоровых людей. Выраженность микроструктурных изменений в головном мозге коррелировала с усилением экспрессии тех генов, которые кодируют белки, вовлеченные в процессы синаптической передачи и регуляции нейронной активности [56].

В работе С. Hsu и соавт. тренировки артикуляции у когнитивно сохранных людей пожилого возраста через месяц привели к позитивным статистически значимым изменениям как объема серого вещества, так и микроструктурной целостности белого вещества мозга [66].

В то же время не все исследователи подтверждают возможность повышения церебральных резервов под влиянием КоТр. Так, L. Zheng и соавт. не нашли никаких доказательств воздействия компьютерных тренировок навигации и вербальной памяти на морфометрические показатели гиппокампа и других зон коры головного мозга, а также микроструктурную целостность церебрального белого вещества [21].

Что касается пациентов с УКР, то данные о возможности поддержания у них познавательной деятельности путем проведения умственных тренировок неоднозначны [35, 46]. Некоторые авторы не обнаружили улучшения познавательных возможностей у больных с УКР после КоТр [35, 62]. Другие работы, напротив, свидетельствуют о позитивном влиянии умственных упражнений на когнитивную сферу при УКР [35, 36, 67]. Однако улучшение после КоТр чаще всего ограничено лишь теми заданиями,

которые включались в сами эти тренировки [68], в то время как «дальний перенос» положительного эффекта наблюдается редко [67].

Сообщается, что КоТр могут быть полезны не только при УКР, но даже при деменции на ранней стадии деменции. Так, метаанализ 10 работ, опубликованных с 2010 по 2023 г. и посвященных применению технологий виртуальной реальности для КоТр у пожилых пациентов с УКР и деменцией при болезни Альцгеймера, указал на улучшение познавательных функций после такого рода занятий (размер эффекта g Хеджеса = 0,42; 95% ДИ = 0,15–0,68; $p = 0,05$). Компьютерные игры в виртуальной реальности сильнее влияли на когнитивную сферу, чем упражнения неигрового формата [42].

Что касается влияния КоТр на нейрофизиологические индикаторы резервов мозга у пациентов с УКР, то большинство работ свидетельствует о том, что тренинг познавательных функций способен в некоторой степени замедлить неблагоприятные изменения в функциональных нейронных сетях [11, 16, 30, 43]. Как и у здоровых людей, у больных с УКР эффективность КоТр повышается при их сочетании с физическими упражнениями [1, 9, 69].

Основные трудности и проблемы КоТр связаны прежде всего с отсутствием общедоступных программ и различием протоколов методик, что затрудняет их выбор для разных категорий участников [1, 4, 13, 18]. В этой связи указывается на необходимость выработки общих принципов составления стандартизированных программ КоТр и интерпретации их результатов [13].

Существенную проблему составляет и кратковременность достигаемых результатов, снижающая практическую ценность занятий [21]. С целью закрепления достигаемых результатов рекомендуется регулярно повторять курсы тренировок, особенно при работе с людьми пожилого возраста, а также сочетать КоТр с физическими упражнениями [2, 5, 9, 69]. Распространению эффекта КоТр на повседневные навыки способствует индивидуализация заданий, с приближением их к потребностям повседневной жизни [50]. Для повышения приверженности участников к занятиям предлагается осуществлять геймификацию упражнений и адаптировать степень их сложности к когнитивным возможностям участников [8, 18, 32, 42].

Заключение. Рост продолжительности жизни людей во всем мире сопровождается увеличением численности пожилых лиц и, соответственно, повышением распространенности возраст-ассоциированных когнитивных расстройств [1–3]. В этой связи большую медико-социальную значимость приобретает проблема предупреждения деменции при старении [6].

Для научного обоснования подходов к профилактике когнитивного снижения в пожилом возрасте используется концепция «мозгового резерва» и «когнитивного резерва» [6, 48, 49]. Под этими резервами, для краткости обозначаемыми общим термином

«резервы мозга», понимают структурно-морфологические и нейрофизиологические особенности головного мозга, которые обеспечивают устойчивость его функций к утрате части нейронов и синапсов при старении и патологии [6, 7, 58].

Одним из факторов укрепления резервов мозга признана высокая когнитивная активность, показателями которой считаются годы, затраченные человеком на свое образование, а также творческий характер его умственной деятельности [8]. Соответственно, все чаще иницируются исследования, направленные на выяснение возможности целенаправленного применения КоТр для стабилизации и улучшения познавательных функций у пожилых людей.

Обзор опубликованных за последние годы исследований показал, что КоТр способствуют замедлению когнитивного снижения при старении и могут рассматриваться как один из способов обеспечения когнитивного долголетия [2, 29, 36, 62]. Целый ряд высококачественных рандомизированных контролируемых испытаний последних лет продемонстрировал возможность улучшения общих показателей познавательной деятельности и отдельных когнитивных функций после курсов умственных упражнений [4, 38, 57]. Заслуживает внимания тот факт, что положительный эффект таких занятий более выражен у здоровых пожилых людей, чем у пациентов с УКР [4, 67]. Это свидетельствует о важности своевременного начала тренировок умственной деятельности и включения их в программы профилактики ускоренного старения мозга.

Получены убедительные доказательства того, что влияние КоТр на когнитивное здоровье опосредовано их модулирующим действием на функциональные нейронные сети, обеспечивающие процессы познания и имеющие непосредственное отношение к состоянию указанных резервов мозга [11, 14, 57]. К таким нейросетям относят, прежде всего, сеть пассивного режима работы мозга, сеть выявления значимости и сеть когнитивного контроля [11, 30, 54]. В то же время, имеются трудности теоретического осмысления результатов исследований в этой области в силу их разноплановости. Например, одни авторы указывают на индуцируемое КоТр повышение функциональной связанности в состоянии покоя внутри отдельных нейронных сетей, в то время как другие, напротив, отмечают снижение внутрисетевой функциональной коннективности [46, 53]. Неоднозначность результатов объясняют нелинейностью и многогранностью адаптационных изменений резервов мозга, зависящих как от характера когнитивных воздействий, так и от индивидуальных особенностей людей [7].

Противоречивыми остаются и данные о влиянии КоТр на объем гиппокампа, толщину коры и микроструктурность белого вещества головного мозга [19, 55, 59, 61]. В то время как одни работы указывают на позитивные изменения, индуцируемые когнитивными упражнениями [55, 56, 66], то другие

исследования такой эффект отрицают [21, 64, 65]. Различия выводов могут объясняться гетерогенностью контингентов участников, вариабельностью программ тренировок и многообразием методов анализа их результатов [13, 21].

КоТр могут стать одним из инструментов поддержания когнитивного здоровья за счет позитивного влияния на функциональную активность нейронных сетей и морфологическое состояние головного мозга. В то же время, имеющиеся в настоящее время данные не позволяют делать однозначных выводов о закономерностях и выраженности такого влияния. Необходимы дальнейшие исследования для прояснения нейробиологических механизмов воздействия КоТр на резервы мозга и разработки новых эффективных и доступных программ КоТр, способных замедлять ухудшение познавательных функций при физиологическом и патологическом старении.

Проблемы практического применения КоТр связаны с тем, что их положительный эффект часто оказывается нестойким и не всегда распространяется на повседневную активность и те когнитивные навыки, которые не подлежали тренировкам. Для повышения практической ценности КоТр необходима стандартизация их программ, использование многокомпонентных и приближенных к ситуациям повседневной жизни упражнений, индивидуализация заданий с учетом возможностей и потребностей участников, применение игровых методик, а также регулярное повторение курсов занятий.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование выполнено без финансовой поддержки.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Чердак МА, Мхитарян ЭА, Шарашкина НВ, Остапенко ВС, Исаев РИ, Сейфединава АБ, Рунихина НК, Котовская ЮВ, Ткачева ОН, Яхно НН. Распространенность когнитивных расстройств у пациентов старшего возраста в Российской Федерации. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2024;124(4–2):5–11. PMID: 38696145. doi: 10.17116/jnevro20241240425
- Cherdak MA, Mkhitarian EA, Sharashkina NV, Ostapenko VS, Isaev RI, Seyfedinaova AB, Runikhina NK, Kotovskaya Yu.V., Tkacheva ON, Yakhno NN. Prevalence of cognitive impairment in older adults in the Russian Federation. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2024;124(4 vyp 2):5–11 (In Russ.). PMID: 38696145. doi: 10.17116/jnevro20241240425
2. Oberlin LE, Jaywant A, Wolff A, Gunning FM. Strategies to promote cognitive health in aging: recent evidence and innovations. *Curr Psychiatry Rep*. 2022;24(9):441–450. doi: 10.1007/s11920-022-01348-x
3. Prince JB, Davis HL, Tan J, Muller-Townsend K, Markovic S, Lewis DMG, Hastie B, Thompson MB, Drummond PD, Fujiyama H, Sohrabi HR. Cognitive and neuroscientific perspectives of healthy ageing. *Neurosci Biobehav Rev*. 2024;161:105649. doi: 10.1016/j.neubiorev.2024.105649
4. Basak C, Qin S, O'Connell MA. Differential effects of cognitive training modules in healthy aging and mild cognitive impairment: A comprehensive meta-analysis of randomized controlled trials. *Psychol Aging*. 2020;35(2):220–249. doi: 10.1037/pag0000442
5. Pellegrini-Laplagne M, Dupuy O, Sosner P, Bosquet L. Effect of simultaneous exercise and cognitive training on executive func-
- tions, baroreflex sensitivity, and pre-frontal cortex oxygenation in healthy older adults: a pilot study. *Geroscience*. 2023;45(1):119–140. doi: 10.1007/s11357-022-00595-3
6. Громова ДО, Захаров ВВ, Новикова МС. Современные подходы к профилактике развития когнитивных нарушений. Концепция когнитивного резерва. *Фармакология & Фармакотерапия*. 2020; 1:55–64. doi: 10.46393/2713-2129_2020_1_55
- Gromova DO, Zakharov VV, Novikova MS. Modern approaches to the prevention of cognitive impairment. The concept of cognitive reserve. *Pharmacology & Pharmacotherapy*. 2020;1:55–64 (In Russ.). doi: 10.46393/2713-2129_2020_1_55
7. Pappalettera C, Carrarini C, Miraglia F, Vecchio F, Rossini PM. Cognitive resilience/reserve: Myth or reality? A review of definitions and measurement methods. *Alzheimers Dement*. 2024;20(5):3567–3586. doi: 10.1002/alz.13744
8. Krivanek TJ, Gale SA, McFeeley BM, Nicastrì CM, Daffner KR. Promoting successful cognitive aging: a ten-year update. *J Alzheimers Dis*. 2021;81(3):871–920. doi: 10.3233/JAD-201462
9. Kang H, Ihara ES, Tompkins CJ, Lauber MS. Boosting cognitive training through social engagement: impacts on older adults with subjective cognitive decline. *Sage Open Aging*. 2025;11:30495334251366575. doi: 10.1177/30495334251366575
10. Зубрицкая ЕМ, Прокопенко СВ, Можейко ЕЮ, Гуревич ВА. Компьютерная когнитивная стимуляция в процессе восстановления посттравматических когнитивных нарушений: клиническое наблюдение. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2020;12(6):131–136. doi: 10.14412/2074-2711-2020-6-131-136
- Zubritskaya EM, Prokopenko SV, Mozheyko E.Yu., Gurevich VA. Computer-based cognitive stimulation for posttraumatic cognitive impairment: a clinical case. *Nevrologiya, neiropsikhiatriya, psikhosomatika = Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2020;12(6):131–136. (In Russ.). doi: 10.14412/2074-2711-2020-6-131-136
11. van Balkom TD, van den Heuvel OA, Berendse HW, van der Werf YD, Vriend C. The effects of cognitive training on brain network activity and connectivity in aging and neurodegenerative diseases: a systematic review. *Neuropsychol Rev*. 2020;30(2):267–286. doi: 10.1007/s11065-020-09440-w
12. Величковский БМ. Возможности когнитивной тренировки как средства коррекции возрастных изменений когнитивного контроля. *Экспериментальная психология*. 2009;2(4):67–91 https://psyjournals.ru/journals/exppsy/archive/2009_n3/exppsy_2009_n3_24925.pdf
- Velichkovsky BM. Possibilities of cognitive training as a means of correcting age-related changes in cognitive control. *Experimental psychology*. 2009;2(4):67–91 (In Russ.). https://psyjournals.ru/journals/exppsy/archive/2009_n3/exppsy_2009_n3_24925.pdf
13. Turnbull A, Seitz A, Lin FV. Improving comparability across cognitive training trials for brain aging: A focus on interoperability. *Alzheimers Dement (NY)*. 2023;9(3):e12405. doi: 10.1002/trc2.12405
14. Bellelli F. Cognitive interventions: symptomatic or disease-modifying treatments in the brain? *JAR Life*. 2024;13:60–64. doi: 10.14283/jarlife.2024.8
15. Kotliar C, Olmos L, Koretzky M, Jauregui R, Delia T, Cingolani O. A new program for systematically enhancing cognitive reserve in healthy adults: A pilot randomized active-controlled clinical trial. *PLoS One*. 2025;20(10):e0331193. doi: 10.1371/journal.pone.0331193
16. Gozdas E, Avelar-Pereira B, Fingerhut H, Dacorro L, Jo B, Williams L, O'Hara R, Hosseini SM.H. Long-term cognitive training enhances fluid cognition and brain connectivity in individuals with MCI. *Transl Psychiatry*. 2024;14(1):447. doi: 10.1038/s41398-024-03153-x
17. Котов СВ, Слюнькова ЕВ, Борисова ВА, Исакова ЕВ. Эффективность применения интерфейсов «мозг-компьютер» и когнитивных тренингов с использованием компьютерных

- технологий в восстановлении когнитивных функций у пациентов после инсульта. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2022;122(12-2):67–75. doi: 10.17116/jnevro202212212267
- Kotov SV, Slyunkova EV, Borisova VA, Isakova EV. Effectiveness of brain — computer interfaces and cognitive training using computer technologies in restoring cognitive functions in patients after stroke. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry = Zhurnal nevrologii i psikiatrii imeni S.S. Korsakova*. 2022;122(12 vyp 2):67–75 (In Russ.). doi: 10.17116/jnevro202212212267
18. Nahas C, Gandit M, Monfort E. Engagement in computerized cognitive training instructions by older people. A within-subject design to evaluate comprehension and acceptability of serious games instructions. *Front Aging Neurosci*. 2025;6:1297704. doi: 10.3389/fragi.2025.1297704
19. Dziemian S, Appenzeller S, von Bastian CC, Jäncke L, Langer N. Working memory training effects on white matter integrity in young and older adults. *Front Hum Neurosci*. 2021;15:605213. doi: 10.3389/fnhum.2021.605213
20. Faraza S, Waldenmaier J, Dyrba M, Wolf D, Fischer FU, Knaepen K, Kollmann B, Tüscher O, Binder H, Mierau A, Riedel D, Fellgiebel A, Teipel S. Dorsolateral prefrontal functional connectivity predicts working memory training gains. *Front Aging Neurosci*. 2021;13:592261. doi: 10.3389/fnagi.2021.592261
21. Zheng L, Boogaart Z, McAvan A, Garren J, Doner S, Wilkes BJ, Groves W, Yuksel E, Cherep L, Ekstrom AD, Weisberg SM. Newly trained navigation and verbal memory skills elicit changes in task-related networks but not brain structure. *bioRxiv*. 2025. doi: 10.1101/2025.04.14.648747
22. Dalhuisen I, Schutte C, Bramson B, Roelofs K, van Eijndhoven P, Tendolkar I. Studying additive effects of combining rTMS with cognitive control training: a pilot investigation. *Front Hum Neurosci*. 2023;17:1201344. doi: 10.3389/fnhum.2023.1201344
23. Li R, Qu P, Hu X, Li X, Zeng H, Gao B, Sun Z. Assessing acute effects of two motor-cognitive training modalities on cognitive functions, postural control, and gait stability in older adults: a randomized crossover study. *PeerJ*. 2024;12:e18306. doi: 10.7717/peerj.18306
24. Šimko P, Pupíková M, Gajdoš M, Rektorová I. Cognitive after-effects of acute tDCS coupled with cognitive training: an fMRI study in healthy seniors. *Neural Plast*. 2021; 2021:6664479. doi: 10.1155/2021/6664479
25. Weller S, Derntl B, Plewnia C. Sex matters for the enhancement of cognitive training with transcranial direct current stimulation (tDCS). *Biol Sex Differ*. 2023;14(1):78. doi: 10.1186/s13293-023-00561-4
26. Кузюкова АА, Загайнова АЮ, Мокеев ИН, Юрова ЮА, Добрякова ВВ, Юрова ОВ, Фесюн АД. Ритмическая транскраниальная магнитная стимуляция и когнитивные тренинги в когнитивной реабилитации пациентов, перенесших ишемический инсульт. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2024;1:9–18. EDN BTJBNI. Kuzjukova AA, Zagainova A.Yu., Mokeev IN, Dobyarkova VV, Yurova Yu.A. Repetitive transcranial magnetic stimulation and cognitive training in the cognitive rehabilitation of patients who have suffered an ischemic stroke. *Russian Journal of Environmental and Rehabilitation Medicine*. 2024;1:9–18 (In Russ.). EDN BTJBNI.
27. Kazinka R, Roediger D, Xuan L, Yu L, Mueller BA, Camchong J, Opitz A, MacDonald A. 3rd, Lim KO. tDCS-enhanced cognitive training improves attention and alters connectivity in control and somatomotor networks: A triple blind study. *Neuroimage*. 2024;298:120792. doi: 10.1016/j.neuroimage.2024.120792.
28. Marusic U, Verghese J, Mahoney JR. Does Cognitive training improve mobility, enhance cognition, and promote neural activation? *Front Aging Neurosci*. 2022;14:845825. doi: 10.3389/fragi.2022.845825
29. Gómez-Soria I, Iguacel I, Aguilar-Latorre A, Peralta-Marrupe P, Latorre E, Zaldívar JN.C., Calatayud E. Cognitive stimulation and cognitive results in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Arch Gerontol Geriatr*. 2023;104:104807. doi: 10.1016/j.archger.2022.104807
30. Liu T, Spector A, Mograbi DC, Cheung G, Wong GH.Y. Changes in default mode network connectivity in resting-state fMRI in people with mild dementia receiving cognitive stimulation therapy. *Brain Sci*. 2021;11(9):1137. doi: 10.3390/brainsci11091137
31. Житкова ЮВ, Гаспарян ГА, Сарварова АФ, Коробова ДА, Галаявова ФИ, Байназарова АИ, Хамидуллина АМ, Доманская ЕВ. Результаты открытого одноцентрового клинического исследования по оценке эффективности и безопасности групповой когнитивной стимулирующей терапии у русскоговорящих пациентов с болезнью Альцгеймера на стадии умеренной деменции. *Медицинский Совет*. 2024;(3):43–50. doi: 10.21518/ms2024-044
- Zhitkova Yu.V., Gasparian AA, Sarvarova AF, Korobova DA, Galyavova FI, Baynazarova AI, Khamidullina AM, Domanskaya EV. Results from the open-label, single-center, clinical study assessing the efficacy and safety of a group cognitive stimulation therapy in Russian-speaking patients with the moderate dementia stage of Alzheimer's disease. *Meditinskiy Sovet*. 2024;18(3):43–50 (In Russ.). doi: 10.21518/ms2024-044
32. Марченко ЕВ, Иссарь АД. Использование мобильных приложений для тренировки памяти и внимания у специалистов экстремального профиля (на примере пожарных). *Национальный психологический журнал*. 2024;19(4):176–188. doi: 10.11621/npj.2024.0412
- Marchenko EV, Issar AD. Use of mobile applications for memory and attention training in extreme profile specialists (firefighters as an example). *National Psychological Journal*. 2024;19(4):176–188 (In Russ.). <https://doi.org/10.11621/npj.2024.0412>
33. Georgopoulou EN, Nousia A, Siokas V, Martzoukou M, Zoupa E, Messinis L, Dardiotis E, Nasios G. Computer-based cognitive training vs. paper-and-pencil training for language and cognitive deficits in Greek patients with mild Alzheimer's disease: a preliminary study. *Healthcare (Basel)*. 2023;11(3):443. doi: 10.3390/healthcare11030443
34. Савчиц Д.О, Прокопенко СВ, Субочева СА. Современные технологии бесконтактного управления компьютером и их применение в реабилитации. *Доктор.Ру*. 2025;24(6):69–78. doi: 10.31550/1727-2378-2025-24-6-69-78
- Savchits DO, Prokopenko SV, Subocheva SA. Modern technologies of contactless computer control and their application in rehabilitation. *Doctor.Ru*. 2025;24(6):69–78 (in Russ.). doi: 10.31550/1727-2378-2025-24-6-69-78
35. Irazoki E, Contreras-Somoza LM, Toribio-Guzmán JM, Jenaro-Río C, van der Roest H, Franco-Martín MA. Technologies for cognitive training and cognitive rehabilitation for people with mild cognitive impairment and dementia. a systematic review. *Front Psychol*. 2020;11:648. doi: 10.3389/fpsyg.2020.00648
36. Hu M, Wu X, Shu X, Hu H, Chen Q, Peng L, Feng H. Effects of computerised cognitive training on cognitive impairment: a meta-analysis. *J Neurol*. 2021;268(5):1680–1688. doi: 10.1007/s00415-019-09522-7
37. Robledo-Castro C, Castillo-Ossa L.F, Corchado JM. Artificial cognitive systems applied in executive function stimulation and rehabilitation programs: a systematic review. *Arab J Sci Eng*. 2023;48(2):2399–2427. doi: 10.1007/s13369-022-07292-5
38. Fischer FU, Kollmann B, Wolf D, Sebastian A, Knaepen K, Riedel D, Mierau A, Ruffini N, Endres K, Winter J, Strüder HK, Bischof GN, Faraza S, Baier B, Binder H, Drzezga A, Teipel S, Fellgiebel A, Tüscher O. Cognitive training gain transfer in cognitively healthy aging: per protocol results of the German AgeGain study. *Front Aging Neurosci*. 2025;17:1587395. doi: 10.3389/fragi.2025.1587395
39. Baragash RS, Aldowah H, Ghazal S. Virtual and augmented reality applications to improve older adults' quality of life: A systematic mapping review and future directions. *Digit Health*. 2022;8:20552076221132099. doi: 10.1177/20552076221132099

40. Šlosar L, Voelcker-Rehage C, Paravlič AH, Abazovic E, de Bruin ED, Marusic U. Combining physical and virtual worlds for motor-cognitive training interventions: Position paper with guidelines on technology classification in movement-related research. *Front Psychol.* 2022;13:1009052. doi: 10.3389/fpsyg.2022.1009052
41. Jeung S, Hilton C, Berg T, Gehrke L, Gramann K. Virtual reality for spatial navigation. *Curr Top Behav Neurosci.* 2023;65:103–129. doi: 10.1007/7854_2022_403
42. Moulaei K, Sharifi H, Bahaadinbeigy K, Dinari F. Efficacy of virtual reality-based training programs and games on the improvement of cognitive disorders in patients: a systematic review and meta-analysis. *BMC Psychiatry.* 2024;24(1):116. doi: 10.1186/s12888-024-05563-z
43. Na S, Lee SK, Lee TK, Hong D, Lee ES. The effectiveness of VR-based cognitive training program for mild cognitive impairment: a pilot study. *Dement Neurocogn Disord.* 2025;24(3):174–186. doi: 10.12779/dnd.2025.24.3.174
44. Kim DR, Moon E, Shin MJ, Yang YA, Park JH. Effect of individual virtual reality cognitive training programs on cognitive function and depression in middle-aged women: randomized controlled trial. *JMR Ment Health.* 2023;10:e48912. doi: 10.2196/48912
45. Georgiev DD, Georgieva I, Gong Z, Nanjappan V, Georgiev GV. Virtual reality for neurorehabilitation and cognitive enhancement. *Brain Sci.* 2021;11(2):221. doi: 10.3390/brainsci11020221
46. Bentham C, De Marco M, Venneri A.. The modulatory effect of cerebrovascular burden in response to cognitive stimulation in healthy ageing and mild cognitive impairment. *Neural Plast.* 2019;2019:2305318. doi: 10.1155/2019/2305318
47. Boutzoukas EM, O'Shea A, Kraft JN, Hardcastle C, Evangelista ND, Hausman HK, Albizu A, Van Etten EJ, Bharadwaj PK, Smith SG, Song H, Porges EC, Hishaw A, DeKosky ST, Wu SS, Marsiske M, Alexander GE, Cohen R, Woods AJ. Higher white matter hyperintensity load adversely affects pre-post proximal cognitive training performance in healthy older adults. *Geroscience.* 2022;44(3):1441–1455. doi: 10.1007/s11357-022-00538-y
48. Alvares Pereira G, Silva Nunes MV, Alzola P, Contador I. Cognitive reserve and brain maintenance in aging and dementia: an integrative review. *Appl Neuropsychol Adult.* 2022;29(6):1615–1625. doi: 10.1080/23279095.2021.1872079
49. Pettigrew C, Soldan A. Defining cognitive reserve and implications for cognitive aging. *Curr Neurol Neurosci Rep.* 2019;19(1):1–22. doi: 10.1007/s11910-019-0917-z
50. Peckham AD. Why don't cognitive training programs transfer to real life?: three possible explanations and recommendations for future research. *Behav Ther (N Y N Y).* 2021;44(7):357–360. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35813267/>
51. Ledreux A, Håkansson K, Carlsson R, Kidane M, Columbo L, Terjestam Y, Ryan E, Tusch E, Winblad B, Daffner K, Granholm AC, Mohammed AK.H. Differential effects of physical exercise, cognitive training, and mindfulness practice on serum BDNF levels in healthy older adults: a randomized controlled intervention study. *J Alzheimers Dis.* 2019;71(4):1245–1261. doi: 10.3233/JAD-190756
52. Delrieu J, Voisin T, Saint-Aubert L, Carrie I, Cantet C, Vellas B., Payoux P, Andrieu S. The impact of a multi-domain intervention on cerebral glucose metabolism: analysis from the randomized ancillary FDG PET MAPT trial. *Alzheimers Res Ther.* 2020;12(1):134. doi: 10.1186/s13195-020-00683-6
53. Gu N, Li H, Cao X, Li T, Jiang L, Zhang H, Zhao B, Luo C, Li C. Different modulatory effects of cognitive training and aerobic exercise on resting state functional connectivity of entorhinal cortex in community-dwelling older adults. *Front Aging Neurosci.* 2021;13:655245. doi: 10.3389/fnagi.2021.655245
54. Mikos A, Malagurski B, Liem F, Mérillat S, Jäncke L. Object-location memory training in older adults leads to greater deactivation of the dorsal default mode network. *Front Hum Neurosci.* 2021;15:623766. doi: 10.3389/fnhum.2021.623766
55. Li X, Sawamura D, Hamaguchi H, Urushibata Y, Feiwei T, Ogawa K, Tha KK. Microscopic fractional anisotropy detects cognitive training-induced microstructural brain changes. *Tomography.* 2022;8(1):33–44. doi: 10.3390/tomography8010004
56. Zhang T, Gao Y, Li Y, Wu L, Lin X, Hou Y, He W, Zhu Y, Jiang J, Xie Y, Fang P. Neural plasticity induced by working memory training: insights from cortical microstructure and transcriptional profiles. *CNS Neurosci Ther.* 2025;31(8):e70479. doi: 10.1111/cns.70479
57. Hardcastle C, Hausman HK, Kraft JN, Albizu A, O'Shea A, Boutzoukas E.M, Evangelista ND, Langer K, Van Etten EJ, Bharadwaj PK, Song H, Smith SG, Porges E, DeKosky ST, Hishaw GA, Wu SS, Marsiske M, Cohen R, Alexander GE, Woods AJ. Proximal improvement and higher-order resting state network change after multidomain cognitive training intervention in healthy older adults. *Geroscience.* 2022;44(2):1011–1027. doi: 10.1007/s11357-022-00535-1
58. Yildirim Z, Delen F, Berron D, Baumeister H, Ziegler G, Schütze H, Glanz W, Dobisch L, Peters O, Freiesleben SD, Schneider LS, Priller J, Spruth EJ, Schneider A, Fliessbach K, Wiltfang J, Schott BH, Meiberth D, Buerger K, Janowitz D, Pernecky R, Rauchmann BS, Teipel S, Kilimann I, Laske C, Munk MH, Spottke A, Roy N, Heneka M, Brosseron F, Wagner M, Roeske S, Ramirez A, Ewers M, Dechent P, Hetzer S, Scheffler K, Kleineidam L, Wolfgruber S, Yakupov R, Schmid M, Berger M, Gurlvit H, Jessen F, Duzel E. Brain reserve contributes to distinguishing preclinical Alzheimer's stages 1 and 2. *Alzheimers Res Ther.* 2023;15(1):43. doi: 10.1186/s13195-023-01187-9
59. Nichols ES, Erez J, Stojanoski B, Lyons KM, Witt ST, Mace CA, Khalid S, Owen AM. Longitudinal white matter changes associated with cognitive training. *Hum Brain Mapp.* 2021;42(14):4722–4739. DOI:10.1002/hbm.25580
60. Nęcka E, Gruszka A, Hampshire A, Sarzyńska-Wawer J, Anicai AE, Orzechowski J, Nowak M, Wójcik N, Sandrone S, Soreq E. The effects of working memory training on brain activity. *Brain Sci.* 2021;11(2):155. doi: 10.3390/brainsci11020155
61. Bråthen AC.S., Sørensen Ø, de Lange AG, Mowinckel AM, Fjell AM, Walhovd KB. Cognitive and hippocampal changes weeks and years after memory training. *Sci Rep.* 2022;12(1):7877. doi: 10.1038/s41598-022-11636-4
62. Butler M, McCreedy E, Nelson VA, Desai P, Ratner E, Fink HA, Hemmy LS, McCarten JR, Barclay TR, Brasure M, Davila H, Kane RL. Does cognitive training prevent cognitive decline? A systematic review. *Ann Intern Med.* 2018;168(1):63–68. DOI:10.7326/M17-1531
63. Yang FG, Liu TY, Liu CH, Murakami S, Nakai T. Verbal training induces enhanced functional connectivity in Japanese healthy elderly population. *Front Hum Neurosci.* 2022;16:786853. doi: 10.3389/fnhum.2022.786853
64. Ripp I, Emch M, Wu Q, Lizarraga A, Udale R, von Bastian CC, Koch K, Yakushev I. Adaptive working memory training does not produce transfer effects in cognition and neuroimaging. *Transl Psychiatry.* 2022;12(1):512. doi: 10.1038/s41398-022-02272-7
65. Wu Q, Ripp I, Emch M, Koch K. Cortical and subcortical responsiveness to intensive adaptive working memory training: an MRI surface-based analysis. *Hum Brain Mapp.* 2021;42(9):2907–2920. doi: 10.1002/hbm.25412
66. Hsu CC, Wu YH, Lee KS, Shih PC, Liu TY, Wei JC, Chu WM, Nakai T, Yang FG. Verbal training can improve neurocognitive and reading performance by increasing white matter integrity and grey matter volume. *Exp Gerontol.* 2024;198:112625. doi: 10.1016/j.exger.2024.112625
67. Zhao X, Ji C, Zhang C, Huang C, Zhou Y, Wang L. Transferability and sustainability of process-based multi-task adaptive cognitive training in community-dwelling older adults with mild cognitive impairment: a randomized controlled trial. *BMC Psychiatry.* 2023;23(1):418. doi: 10.1186/s12888-023-04917-3
68. Simon SS, Hampstead BM, Nucci MP, Duran FL.S., Fonseca LM, Martin MD.G.M, Ávila R, Porto FH.G., Brucki SM.D., Mar-

ОБЗОРЫ

- tins CB, Tascone LS, Amaro E.Jr., Busatto GF, Bottino CM.C. Cognitive and brain activity changes after mnemonic strategy training in amnesic mild cognitive impairment: evidence from a randomized controlled trial. *Front Aging Neurosci.* 2018;10:342. doi: 10.3389/fnagi.2018.00342
69. Bray NW, Pieruccini-Faria F, Witt ST, Bartha R, Doherty TJ, Nagamatsu LS, Almeida QJ, Liu-Ambrose T, Middleton LE, Bherer L, Montero-Odasso M. . Combining exercise with cognitive training and vitamin D3 to improve functional brain connectivity in older adults with mild cognitive impairment (MCI): results from the SYNERGIC trial. *Geroscience.* 2023;45(3):1967–1985. doi: 10.1007/s11357-023-00805-6

Поступила 10.03.2026
Принята к печати. 25.03.2026
