

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ КОГНИТИВНО-МОТОРНОЙ ТРЕНИРОВКЕ В ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЕ

А.М. Котов-Смоленский¹, a.kotov.smolenskiy@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0002-2738-9939>

Л.В. Соколова², sluida@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2211-049X>

А.А. Зимин¹, leha-zimin@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9226-2870>

А.С. Клочков¹, anton.s.klochkov@gamil.com, <https://orcid.org/0000-0002-4730-3338>

Н.А. Супонева¹, nasu2709@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3956-6362>

М.А. Пирадов¹, center@neurology.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6338-0392>

¹ Научный центр неврологии, Москва, Россия

² Институт возрастной физиологии РАО, Москва, Россия

Аннотация. Цель: выявление изменения функционального состояния центральной нервной системы в ответ на воздействие когнитивно-моторной тренировки, реализуемой в условиях виртуальной среды. **Организация и методы.** В исследовании приняло участие 50 добровольцев (19 мужчин и 31 женщина) в возрасте от 24 до 56 лет. Производилась регистрация простой зрительно-моторной реакции в покое и после когнитивно-моторных тренировок (КМТ) в виртуальной среде. **Результаты.** На основе показателя среднего времени реакции (СВР) были сформированы 2 группы исследования, получившие названия «выраженная подвижность» – ВП (СВР 180–215 мс) и «выраженная инертность» – ВИ (СВР 218–277 мс). Было отмечено статистически значимое снижение СВР ($p = 0,002$), уровня активации ЦНС ($p = 0,005$), а также ухудшение стабильности выполнения реакций ($p = 0,0001$) в группе ВП после КМТ. Анализ эффективности КМТ в ВР показал, что значимый прирост суммы набранных баллов между первой и второй сессиями наблюдался как в группе ВП ($p = 0,001$), так и в группе ВИ ($p = 0,003$), однако процентный прирост баллов после второй сессии в группе ВИ оказался выше (36,4 % против 21,5 %). **Заключение.** В ходе КМТ в ВР наблюдались различные физиологические эффекты в зависимости от типологических особенностей обследуемых. В группе ВИ наблюдались процессы физиологической мобилизации, а в группе ВП – признаки развивающегося утомления. Полученные результаты указывают на необходимость учета типологических особенностей нервной системы при организации КМТ в ВР.

Ключевые слова: сенсомоторные реакции, виртуальная реальность, функциональное состояние ЦНС, индивидуально-типологические особенности нервной системы, когнитивно-моторная тренировка

Для цитирования: Особенности динамики показателей функционального состояния центральной нервной системы при когнитивно-моторной тренировке в виртуальной среде / А.М. Котов-Смоленский, Л.В. Соколова, А.А. Зимин и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 2. С. 31–38. DOI: 10.14529/hsm230204

FEATURES OF THE CNS FUNCTIONAL STATE DYNAMICS DURING COGNITIVE-MOTOR TRAINING IN A VIRTUAL ENVIRONMENT

A.M. Kotov-Smolenskiy¹, a.kotov.smolenskiy@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0002-2738-9939>

L.V. Sokolova², sluida@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2211-049X>

A.A. Zimin¹, leha-zimin@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9226-2870>

A.S. Klochkov¹, anton.s.klochkov@gamil.com, <https://orcid.org/0000-0002-4730-3338>

N.A. Suponeva¹, nasu2709@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3956-6362>

M.A. Piradov¹, center@neurology.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6338-0392>

¹ Research Center of Neurology, Moscow, Russia

² Institute of Developmental Physiology of Russian Academy of Education, Moscow, Russia

Abstract. Aim. The paper was aimed at identifying changes in the functional state of the central nervous system after cognitive-motor training (CMT) in a virtual environment. **Materials and methods.** A comparative study involved 50 healthy volunteers (19 men and 31 women) aged 24 to 56 years. The functional states of the central nervous system before and after CMT in VR were determined by registering a simple visual-motor reaction. **Results.** Based on the average simple visual-motor reaction time (AMRT), 2 study groups were formed, namely 'pronounced mobility' (PM, AMRT 180–215 ms) and 'pronounced inertia' (PI, AMRT 218–277 ms). After CMT in VR, there was a significant decrease in the average reaction time ($p = 0.002$), the level of CNS activation ($p = 0.005$), and a decrease in the stability of the response ($p = 0.0001$) in the pronounced mobility group. Analysis of the efficacy of CMT in VR showed a statistically significant increase (in points) between the first and second training sessions both in the PM ($p = 0.001$) and PI groups ($p = 0.003$); however, in the PI group this increase was higher compared to the PM group (36.4 % and 21.5 %, respectively). **Conclusions.** The results obtained during the experiment indicate the need to take into account the typological characteristics of the nervous system when using CMT in a virtual environment.

Keywords: sensorimotor reactions, virtual reality, functional state, central nervous system, typological characteristics, cognitive-motor training

For citation: Kotov-Smolenskiy A.M., Sokolova L.V., Zimin A.A., Klochkov A.S., Suponeva N.A., Piradov M.A. Features of the CNS functional state dynamics during cognitive-motor training in a virtual environment. *Human. Sport. Medicine.* 2023;23(2):31–38. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230204

Введение. Двигательная активность является неотъемлемой частью повседневной деятельности человека и имеет тесную взаимосвязь с состоянием его здоровья. Между тем запрос общества, связанный с двигательной активностью и физическим воспитанием, постоянно повышается [18] или модифицируется по причинам глобальных мировых проблем, например, вынужденных ограничений двигательной активности граждан из-за распространения острой коронавирусной инфекции (COVID 19) [17]. Вследствие этого актуализируется поиск эффективных высокотехнологичных инструментов для организации различных мероприятий, сопряженных с двигательной активностью.

Проблемы сниженной двигательной активности могут решаться посредством различ-

ных методов физической культуры, чья эффективность не вызывает сомнений, однако рядом авторов продемонстрировано, что КМТ зарекомендовали себя как более перспективный подход у детей [15] и у взрослых [13]. Реализация КМТ возможна не только в реальной среде, но и в виртуальной, поскольку возможности ВР предоставляют большое количество различных вариаций условий, позволяющих осуществлять двигательные тренировки внутри виртуальных сценариев [11]. Однако существует и ряд недостатков, связанных с применением данного подхода, таких как отсутствие единых стандартов и методологии [12], а также отсутствие понимания механизма действия КМТ в ВР [14].

Наличие разнообразных эффектов вследствие выполнения когнитивно-моторной дея-

тельности в виртуальной среде может напрямую зависеть от текущего (функционального) состояния центральной нервной системы (ЦНС) индивида и ее типологических особенностей [1]. Для оценки функциональных состояний (ФС) могут использоваться разные инструментальные методы, один из таких – метод регистрации сенсомоторных реакций, позволяющий оценивать текущее состояние ЦНС, а также его изменение в ответ на воздействие различных факторов [6, 10].

Использование инструментальных психофизиологических методов в рамках предварительных оценочных мероприятий, а также в качестве экспресс-оценки ФС ЦНС могло бы лечь в основу разработки методических рекомендаций и создания общей методологии при реализации КМТ в ВР.

Цель исследования: выявить изменение функционального состояния центральной нервной системы в ответ на воздействие когнитивно-моторной тренировки, реализуемой в условиях виртуальной среды.

Организация и методы. Работа проводилась на базе отделения нейрореабилитации и физиотерапии ФГБНУ «Научный центр неврологии». В исследовании приняли участие 50 здоровых добровольцев (19 мужчин и 31 женщина) в возрасте от 24 до 56 лет, с разным уровнем образования, профессиональной деятельности различного рода. Все добровольцы были правшами.

Критерии включения: отсутствие опыта погружения в виртуальную среду; отсутствие неврологического дефицита, способного оказать влияние на результаты исследования.

Критерии невключения: наличие заболеваний опорно-двигательного аппарата или травм, способных повлиять на результаты эксперимента; наличие неприятных ощущений в процессе занятий.

Исследование проведено в соответствии с юридическими и этическими принципами медико-биологических исследований человека (выписка из протокола заседания этического комитета ФГБНУ «НЦН» № 12-1/20 от 28.12.2020)

Инструментальная оценка. Для получения исходных показателей и оценки функциональных состояний ЦНС в ответ на КМТ использовался тест «Простая зрительно-моторная реакция» (ПЗМР) на аппарате УПФТ-1\30 «Психофизиолог» (Россия, г. Таганрог).

Для статистической обработки результа-

тов ПЗМР отбирались следующие показатели: среднее время реакции (СВР, мс); среднеквадратичное отклонение времени реакции (СКО, мс); интегральный показатель «уровень активации ЦНС»; количество упреждающих реакций (КУР); суммарное число ошибок.

Когнитивно-моторная тренировка в виртуальной среде. Для организации когнитивно-моторной тренировки использовался шлем виртуальной реальности для полного погружения Oculus Quest 2 (США, Калифорния), а также коммерческий виртуальный сценарий Beat Saber.

Beat Saber – это музыкальный игровой сценарий, в котором пользователь, управляя двумя световыми мечами, должен разбивать виртуальные кубики соответствующего цвета, попадая в такт сопутствующей сценарию мелодии.

Перед началом эксперимента каждому участнику были даны указания выполнять амплитудные движения руками (с усилием), чтобы имитировать условия для нагрузок средней интенсивности. Уровень и мелодия внутри игрового сценария для всех добровольцев были одинаковыми: музыкальное оформление сценария соответствовало темпу 175 ударов в минуту; сложность экспериментального задания соответствовала «нормальному» уровню. Каждый доброволец провел 2 игровые сессии длительностью по 2 минуты 44 секунды, после которых проводилась повторная регистрация ПЗМР. Эффективность деятельности в рамках КМТ в ВР определялась суммой набранных баллов за каждую сессию.

Расчёт размера выборки проводился по стандартному алгоритму [16]. Статистическая обработка данных проводилась с использованием программы IBM SPSS Statistics 22 (Chicago, USA). Полученные экспериментальные данные не соответствовали нормальному распределению, поэтому для их анализа применялись непараметрические методы статистики. Вычисляли медиану (Me) и интерквартильный размах 25-75 (LQ-HQ). Достоверность различий оценивали по критериям Манна – Уитни и Уилкоксона. Для выявления взаимосвязей показателей применяли корреляционный анализ по Спирмену. Метод иерархической кластеризации Уорда использовали для распределения добровольцев по группам исследования. При проверке всех гипотез в качестве уровня значимости был принят $p < 0,05$.

Результаты исследования. Оценка СВР при выполнении теста ПЗМР на всей выборке ($n = 50$) выявила достаточно высокую вариабельность показателей Me: 216,5 [207,0;232,5] мс.

Дальнейшее распределение добровольцев по группам исследования производилось посредством кластерного анализа, согласно показателям СВР. Участники исследования, имеющие показатели от 180 до 215 мс, были отнесены в группу, условно названную «Выраженная подвижность» (ВП), а добровольцы с показателями от 218 до 277 мс – в группу «Выраженная инертность» (ВИ).

Статистическая обработка показала, что группы исследования были сопоставимы по возрасту ($p > 0,05$).

Анализ результатов ПЗМР групп ВП и ВИ до КМТ показал статистически значимые различия сразу по нескольким показателям теста (табл. 1).

Статистический анализ результатов ПЗМР после КМТ в ВР показал, что между группой ВП и ВИ значимые различия сохранились лишь в показателе СВР ($p = 0,004$).

Анализ результатов теста ПЗМР внутри групп исследования до и после КМТ показал, что значимые изменения произошли только в группе ВП, изменились такие показатели, как СВР ($p = 0,002$), СКО ($p = 0,0001$), «Уровень активации ЦНС» ($p = 0,005$).

Статистическая обработка показателей эффективности КМТ в ВР внутри групп исследования показала, что значимый прирост результатов произошел в обеих группах, однако процентный прирост был выше в группе ВИ (табл. 2).

Статистически значимые изменения после КМТ происходили лишь в группе ВП, определяя неблагоприятный характер воздействия виртуальной тренировки на текущее состояние ЦНС исследуемых. Значимое снижение показателя «уровень активации ЦНС» свидетельствовало об ухудшении функционального состояния ЦНС, что также подтверждается более низким процентным приростом, отражающим эффективность деятельности КМТ (21,5 % у ВП и 36,4 % у ВИ) (см. табл. 2).

КМТ в ВР представляет собой разномодальный сенсорный поток наряду с физической нагрузкой. Помимо зрительной стимуляции и достаточно высокой моторной плотности особый вклад в изменение функционального состояния могла внести аудиальная стимуляция. В литературе накоплено достаточное количество данных, посвященных воздействию музыкальных стилей и ритмов на ФС организма [9]. Характер реакции организма в ответ на разные стили и темп неодинаков [3, 4], например, тяжелая музыка может приводить к более напряженной работе важнейших регуляторных систем [2]. Подобное напряжение как результат продолжительного стрессового воздействия на организм в конечном итоге может привести к развитию процессов утомления. В данной работе музыкальный темп композиции соответствовал 175 уд./мин, при этом добровольцам обеих групп было необходимо осуществлять ритмический праксис, попутно оценивая качественные и пространственно-временные характеристики виртуальных объектов, совместно с умеренной физической активностью. Одновременное наличие высоко

Таблица 1
Table 1

Межгрупповой анализ показателей простой зрительно-моторной реакции до когнитивно-моторной тренировки
Cross-group analysis of the average simple visual-motor reaction time before cognitive-motor training

Группы исследования Group	[LQ; Me; HQ]	СВР (мс) ART (ms)	СКО (мс) RTSD (ms)	КУР NAR	Всего ошибок Total errors	Уровень активации ЦНС Level of CNS activation
Группа ВП PM group	25	200,5	34,0	1,0	1,0	3,5
	Медиана / Median	207,0	37,0	2,0	2,0	4,0
	75	211,0	44,5	3,5	3,5	4,0
Группа ВИ PI group	25	223,0	43,0	0,0	0,0	3,0
	Медиана / Median	232,0	48,0	1,0	1,0	3,0
	75	243,0	58,5	2,0	2,0	3,0
p-value*		0,0001	0,0001	0,001	0,001	0,0001

Примечание: *Критерий Манна – Уитни с поправками на множественные сравнения Тьюки.

Note: *The Mann–Whitney test adjusted for multiple Tukey comparisons.

Таблица 2
Table 2

Результаты эффективности когнитивно-моторной деятельности участников исследования
в виртуальной среде
The efficacy of cognitive-motor activity in virtual environment

Группы исследования Group	LQ; Me; HQ	1-я сессия, баллы 1 st session, points	2-я сессия, баллы 2 nd session, points	Прирост баллов (%) Increase (%)	p-value (внутригрупповое сравнение / cross-group comparison)
Группа ВП PM group	25	52322,5	84538,7	21,5 %	0,001
	Медиана / Median	86709,5	105375,0		
	75	107806,5	125978,0		
Группа ВИ PI group	25	63473,5	83613,5	36,4 %	0,003
	Медиана / Median	81406,0	111052,0		
	75	113006,5	127212,0		
p-value (межгрупповое сравнение / cross-group comparison)**		0,854	0,728		

Примечание: **Критерий Уилкоксона.
Note: **Wilcoxon test.

ритмичной музыки и всех вышеперечисленных факторов могло послужить развитием различных физиологических эффектов в группах исследования в зависимости от типологических особенностей ЦНС. Так, в группе ВИ наблюдались процессы функциональной мобилизации, тогда как в группе ВП регистрировались первичные признаки утомления на центральном уровне.

Можно также предположить, что наличие неблагоприятных эффектов в группе ВП является следствием повышенного уровня тревожности. Известно, что повышенный уровень тревожности может быть причиной снижения когнитивных функций, главным образом из-за отсутствия возможности осуществлять быстрые функциональные перестройки на уровне ЦНС [5]. Наличие устойчивого очага возбуждения в коре и подкорковых структурах мозга может приводить к неэкономной стратегии расходования энергетических ресурсов и более раннему утомлению нервной системы [7, 8]. Учитывая данное обстоятельство, комбинация воздействия быстрой ритмичной музыкой и наличие повышенного уровня тревожности могли явиться факторами развития

процессов утомления ЦНС в группе ВП и более низким результатам КМТ.

Главным ограничением работы является отсутствие оценки тревожности в группах исследования, недостаток данной информации не позволяет судить о взаимосвязи вышеописанных факторов и процессах утомления ЦНС. Данное обстоятельство актуализирует необходимость дальнейшей проверки высказанных предположений для лучшего понимания физиологических реакций, полученных в группе ВП.

Заключение. Изучение воздействия виртуальной реальности на психофизиологические показатели состояния организма позволит повысить эффективность процессов взаимодействия человека с виртуальной средой. Результаты исследования показывают, что даже при более высоких функциональных возможностях ЦНС неправильный подбор условий реализации КМТ в ВР может носить неблагоприятный характер воздействия на организм занимающихся. При планировании интенсивности нагрузок в ВР необходим учет индивидуально-типологических особенностей ЦНС.

Список литературы

1. Байгужин, П.А. Функциональное состояние центральной нервной системы при воздействии слабоструктурированной информации / П.А. Байгужин, Д.З. Шибкова // Человек. Спорт. Медицина. – 2017. – Т. 17, № 4. – С. 32–42.
2. Влияние раздражения слухового анализатора на параметры сердечно-сосудистой системы с позиций теории хаоса-самоорганизации / Т.В. Гавриленко, Т.Ю. Поскина, Д.А. Сидоренко и др. // Вестник новых мед. технологий: электрон. журнал. – 2013. – № 1. – С. 3.

3. Матохина, А.А. Исследование влияния классической музыки на функциональное состояние людей различных профессий / А.А. Матохина // Электрон. науч.-образоват. журнал ВГСПУ «Грани познания». – 2013. – № 2 (22). – С. 69–72.
4. Матохина, А.А. Оценка изменения функционального состояния подростков под воздействием музыки различных стилей в условиях профильного летнего лагеря / А.А. Матохина // Науч. обозрение. Биол. науки. – 2015. – № 1. – С. 109.
5. Некоторые психофизиологические особенности здоровья студентов на Севере и возможность их коррекции / Е.Н. Николаева, О.Н. Колосова, А.П. Яковлева, Н.В. Мельгуй // Вестник СВФУ им. М.К. Аммосова. – 2012. – Т. 9, № 4. – С. 25–32.
6. Нехорошкова, А.Н. Сенсомоторные реакции в психофизиологических исследованиях (обзор) / А.Н. Нехорошкова, А.В. Грибанов, И.С. Депутат // Журнал мед.-биол. исследований. – 2015. – № 1. – С. 38–48.
7. Николаева Е.Н. Физиологическая оценка состояния центральной нервной системы студентов в период учебной деятельности / Е.Н. Николаева, О.Н. Колосова // Наука и образование. – 2017. – № 3. – С. 96–100.
8. Особенности психофизиологической адаптации студентов первого курса к условиям обучения в вузе / Т.Н. Семенкова, М.Г. Леухова, С.Л. Лесникова и др. // Вестник КемГУ. – 2010. – № 2 (42). – С. 47–52.
9. Шутова, Н.В. Структурно-динамический подход к использованию музыки в воздействии на личность / Н.В. Шутова // Вестник С.-Петерб. ун-та. Социология. – 2009. – № 3–2. – С. 282–288.
10. Шутова, С.В. Сенсомоторные реакции как характеристика функционального состояния ЦНС / С.В. Шутова, И.В. Муравьева // Вестник ТГУ. – 2013. – № 5–3. – С. 2831–2840.
11. A Psychophysical Experiment Regarding Components of the Plausibility Illusion / R. Skarbez, S. Neyret, F.P. Brooks, M. Slater, M.C. Whitton. // IEEE Transactions on Visualisation Computer Graphics. – 2017. – № 23 (4). – P. 1369–1378.
12. Cognitive and cognitive-motor interventions affecting physical functioning: a systematic review / G. Pichierri, P. Wolf, K. Murer, E.D. de Bruin // BMC Geriatrics. – 2011. – No. 11:29. – P. 1–19.
13. Effects of physical-cognitive dual task training on executive function and gait performance in older adults: a randomized controlled trial / S. Falbo, G. Condello, L. Capranica et al. // Biomed Research International. – 2016. – P. 1–12.
14. Effects of exergames and cognitive-motor dual-task training on cognitive, physical and dual-task functions in cognitively healthy older adults: An overview / M. Gallou-Guyot, S. Mandigout, L. Bherer, A. Perrochon // Ageing Research Review. – 2020. – No. 101135. – P. 1–12.
15. Exercise and children's cognition: The role of exercise characteristics and a place for metacognition / P.D. Tomporowski, B. McCullick, D.M. Pendleton, C. Pesce // Journal of Sport Health Science. – 2015. – № 4. – P. 47–55.
16. Kadam, P. Sample size calculation / P. Kadam, S. Bhalerao // International Journal of Ayurveda Research. – 2010. – No. 1 (1) – P. 55–57.
17. Obesity, eating behavior and physical activity during COVID-19 lockdown: A study of UK adults / E. Robinson, E. Boyland, A. Chisholm et al. // Appetite. – 2020. – No. 104853. – P. 1–7.
18. Santner A. Partly randomised, controlled study in children aged 6–10 years to investigate motor and cognitive effects of a 9-week coordination training intervention with concurrent mental tasks / A. Santner, M. Kopp, P. Federolf // BMJ Open. – 2018. – e021026. – P. 1–9.

References

1. Baiguzhin P.A., Shibkova D.Z. Functional Condition of the Central Nervous System under the Influence of Weakly Structured Information. *Human. Sport. Medicine*, 2017, vol. 17, no. S, pp. 32–42. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm170504
2. Gavrilenko T.V., Poskina T.Yu., Sidorenko D.A. et al. [The Influence of Stimulation Acoustic Analyzer on the Parameters of Cardiovascular System of Human According the Theory of Chaos-Selforganization]. *Vestnik novykh medicinskih tekhnologiy: elektronnyy zhurnal* [Journal of New Medical Technologies], 2013, no. 1, p. 3. (in Russ.)

3. Matohina A.A. [Research of Influence of Classical Music on the Functional Condition of People of Different Professions]. *Elektronniy nauchno-obrazovatel'niy zhurnal VGSPU* [Electronic Scientific and Educational Journal VGSPU Edges of Knowledge], 2013, no. 2 (22), pp. 69–72. (in Russ.)

4. Matohina A.A. [Estimation of Changes in the Teenagers Functional Status Exposed Different Music Styles in the Profile Summer Camp]. *Nauchnoe obozrenie. Biologicheskie nauki* [Scientific Review. Biological Science], 2015, no. 1, p. 109. (in Russ.)

5. Nikolaeva E.N., Kolosova O.N., Yakovleva A.P., Mel'guy N.V. [Some Psychophysiological Features of Students' Health in the North and Possibility of it's Correction]. *Vestnik SVFU im. M.K. Ammosova* [Bulletin of North-Eastern Federal University], 2012, vol. 9, no. 4, pp. 25–32. (in Russ.)

6. Nekhoroshkova A.N., Gribanov A.V., Deputat I.S. [Sensomotor Reactions in Psychophysiological Studies (Review)]. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy* [Journal of Medical and Biological Research], 2015, no. 1, pp. 38–48. (in Russ.) DOI: 10.17238/issn2308-3174.2015.1.38

7. Nikolaeva E.N., Kolosova O.N. [Physiological Estimation of the State Central Nervous System of Students in the Period of Education Activity]. *Nauka i obrazovanie* [Science and Education], 2017, no. 3, pp. 96–100. (in Russ.)

8. Semenkov T.N., Leuhova M.G., Lesnikova S.L. et al. [Peculiarities of the First-Year Students' Psycho-Physiological Adaptation to Educational Conditions in the University]. *Vestnik KemGMU* [Bulletin of KemSMU], 2020, no. 2 (42), pp. 47–52. (in Russ.)

9. Shutova N.V. [Structural-Dynamic Approach to the Use of Music in Influencing a Personality]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Sociologiya* [Bulletin of Saint-Petersburg University. Sociology], 2009, no. 3–2, pp. 282–288. (in Russ.)

10. Shutova N.V., Murav'eva I.V. [Sensorimotor Reactions as a Characteristic of the Functional State of the Central Nervous System]. *Vestnik TGU* [Bulletin of TSU], 2013, no. 5–3, pp. 2831–2840. (in Russ.)

11. Skarbez R., Neyret S., Brooks F.P. et al. A Psychophysical Experiment Regarding Components of the Plausibility Illusion. *IEEE Transactions on Visualisation Computer Graphics*, 2017, no. 23 (4), pp. 1369–1378. DOI: 10.1109/TVCG.2017.2657158

12. Pichierra G., Wolf P., Murer K., de Bruin E.D. Cognitive and Cognitive-Motor Interventions Affecting Physical Functioning: a Systematic Review. *BMC Geriatrics*, 2011, no. 11:29, pp. 1–19. DOI: 10.1186/1471-2318-11-29

13. Falbo S., Condello G., Capranica L. et al. Effects of Physical-Cognitive Dual Task Training on Executive Function and Gait Performance in Older Adults: a Randomized Controlled Trial. *Biomed Research International*, 2016, pp. 1–12. DOI: 10.1155/2016/5812092

14. Gallou-Guyot M., Mandigout S., Bherer L., Perrochon A. Effects of Exergames and Cognitive-Motor Dual-Task Training on Cognitive, Physical and Dual-Task Functions in Cognitively Healthy Older Adults: An Overview. *Ageing Research Review*, 2020, no. 101135, pp. 1–12. DOI: 10.1016/j.arr.2020.101135

15. Tomporowski P.D., McCullick B., Pendleton D.M., Pesce C. Exercise and Children's Cognition: The Role of Exercise Characteristics and a Place for Metacognition. *Journal of Sport Health Science*, 2015, no. 4, pp. 47–55. DOI: 10.1016/j.jshs.2014.09.003

16. Kadam P., Bhalerao S. Sample Size Calculation. *International Journal of Ayurveda Research*, 2010, no. 1 (1), pp. 55–57. DOI: 10.4103/0974-7788.59946

17. Robinson E., Boyland E., Chisholm A. et al. Obesity, Eating Behavior and Physical Activity During COVID-19 Lockdown: A Study of UK Adults. *Appetite*, 2020, no. 104853, pp. 1–7. DOI: 10.1016/j.appet.2020.104853

18. Santner A., Kopp M., Federolf P. Partly Randomised, Controlled Study in Children Aged 6–10 Years to Investigate Motor and Cognitive Effects of a 9-Week Coordination Training Intervention with Concurrent Mental Tasks. *BMJ Open*, 2018, e021026, pp. 1–9. DOI: 10.1136/bmjopen-2017-021026

Информация об авторах

Котов-Смоленский Артем Михайлович, младший научный сотрудник отделения нейро-реабилитации и физиотерапии, Научный центр неврологии, Москва, Россия.

Соколова Людмила Владимировна, доктор биологических наук, профессор, заместитель директора по научной работе, Институт возрастной физиологии РАО, Москва, Россия.

Зимин Алексей Алексеевич, кандидат педагогических наук, научный сотрудник отделения нейрореабилитации и физиотерапии, Научный центр неврологии, Москва, Россия.

Клочков Антон Сергеевич, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения нейрореабилитации и физиотерапии, Научный центр неврологии, Москва, Россия.

Супонева Наталья Александровна, доктор медицинских наук, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник отделения нейрореабилитации и физиотерапии, Научный центр неврологии, Москва, Россия.

Пирадов Михаил Александрович, доктор медицинских наук, академик РАН, директор, Научный центр неврологии, Москва, Россия.

Information about the authors

Artem M. Kotov-Smolenskiy, Junior Researcher, Department of Neurorehabilitation and Physiotherapy, Research Center of Neurology, Moscow, Russia.

Lyudmila V. Sokolova, Doctor of Biological Sciences, Professor, Deputy Director for Research, Institute of Developmental Physiology of the Russian Academy of Education, Moscow, Russia.

Aleksey A. Zimin, Candidate of Pedagogical Sciences, Researcher, Department of Neurorehabilitation and Physiotherapy, Research Center of Neurology, Moscow, Russia.

Anton S. Klochkov, Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher, Department of Neurorehabilitation and Physiotherapy, Research Center of Neurology, Moscow, Russia.

Natalya A. Suponeva, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Chief Researcher, Department of Neurorehabilitation and Physiotherapy, Research Center of Neurology, Moscow, Russia.

Mikhail A. Piradov, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Director, Research Center of Neurology, Moscow, Russia.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 10.02.2023

The article was submitted 10.02.2023