



Check for updates

Экспериментальные статьи

УДК 37.032:796

EDN UCPWIF

<https://doi.org/10.33910/2687-1270-2024-5-2-156-166>

Реакции висцеральных систем и результативность выполнения заданий в модели комбинированной умственной и физической деятельности у лиц с различным исходным функциональным состоянием

И. Б. Сиваченко ¹, О. А. Любашина¹

¹Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН, 199034, Россия, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 6

Сведения об авторах

Иван Борисович Сиваченко, SPIN-код: 4049-8950, Scopus AuthorID: 55882139900, ResearcherID: AAC-8883-2022, ORCID: 0000-0001-8548-8823, e-mail: avans_d@mail.ru

Ольга Анатольевна Любашина, SPIN-код: 5257-4057, Scopus AuthorID: 6505777191, ResearcherID: A-6241-2017, ORCID: 0000-0002-6296-4628, e-mail: lyubashinaoa@infran.ru

Для цитирования: Сиваченко, И. Б., Любашина, О. А. (2024) Реакции висцеральных систем и результативность выполнения заданий в модели комбинированной умственной и физической деятельности у лиц с различным исходным функциональным состоянием. *Интегративная физиология*, т. 5, № 2, с. 156–166. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2024-5-2-156-166> EDN UCPWIF

Получена 16 мая 2024; прошла рецензирование 3 июля 2024; принята 29 июля 2024.

Финансирование: Работа поддержана средствами федерального бюджета в рамках государственного задания ФГБУН Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН (№ 1021062411784-3-3.1.8) с использованием материально-технической базы компании ООО «Таулаб».

Права: © И. Б. Сиваченко, О. А. Любашина (2024). Опубликовано Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена. Открытый доступ на условиях лицензии [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Аннотация. В настоящее время модели комбинированной умственной и физической деятельности активно внедряются как в диагностических, так и в коррекционных целях. Диагностические процедуры, основанные на сочетании умственной и физической нагрузок, позволяют оценить в первую очередь интегративные процессы, которые имеют решающее значение в обеспечении результативности деятельности человека, в том числе в профессиональной сфере. В клинической практике такие методики используют с целью выявления и последующей коррекции дефицита или нарушения различных функций. Вместе с тем свойства модели комбинированной умственной и физической деятельности при ее реализации на разных физиологических уровнях не до конца ясны. Целями представленной работы стали 1) изучение особенностей реакций висцеральных систем при моделировании комбинированной умственной и физической нагрузки в зависимости от исходного функционального состояния индивидуума и 2) оценка изменений в результативности выполнения умственных заданий под влиянием физической компоненты. По результатам проведенного исследования отмечены разнонаправленные, в зависимости от исходного функционального состояния, реакции висцеральных функций на выполнение процедуры комбинированной деятельности, что предположительно связано с активным перераспределением физиологических ресурсов. Показан достоверный эффект улучшения результативности выполнения когнитивных заданий в условиях физической деятельности. Полученные сведения о скорости и точности решения примеров в предложенной модели когнитивно-моторной деятельности позволяют рассматривать их в качестве нормы для дальнейшего использования теста в практике проведения диагностических процедур и сравнительного анализа.

Ключевые слова: совмещенная деятельность, комбинированная нагрузка, когнитивно-моторный тест, когнитивная деятельность, висцеральные реакции

Visceral system responses and task performance in a combined mental and physical activity model: Impact of initial functional state

I. B. Sivachenko^{✉1}, O. A. Lyubashina¹

¹Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of Sciences,
6 Makarova Emb., Saint Petersburg 199034, Russia

Authors

Ivan B. Sivachenko, SPIN: 4049-8950, Scopus AuthorID: 55882139900, ResearcherID: AAC-8883-2022, ORCID: 0000-0001-8548-8823, e-mail: avans_d@mail.ru

Olga A. Lyubashina, SPIN: 5257-4057, Scopus AuthorID: 6505777191, ResearcherID: A-6241-2017, ORCID: 0000-0002-6296-4628, e-mail: lyubashinaoa@infran.ru

For citation: Sivachenko, I. B., Lyubashina, O. A. (2024) Visceral system responses and task performance in a combined mental and physical activity model: Impact of initial functional state. *Integrative Physiology*, vol. 5, no. 2, pp. 156–166. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2024-5-2-156-166> EDN UCPWIF

Received 16 May 2024; reviewed 3 July 2024; accepted 29 July 2024.

Funding: The study was supported by the State funding allocated to the Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences (№ 1021062411784-3-3.1.8) with using material and technical base of Taulab LLC.

Copyright: © I. B. Sivachenko, O. A. Lyubashina (2024). Published by Herzen State Pedagogical University of Russia. Open access under [CC BY-NC License 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Abstract. The models integrating mental and physical activity have been increasingly employed for both diagnostic and remedial purposes. Diagnostic approaches that combine cognitive and physical exertion provide valuable insights into integrative processes that are essential for optimizing human performance, including in professional settings. Clinically, these methods are utilized to identify and address impairments in various physiological functions. However, the mechanisms underlying the effects of combined mental and physical activity at different physiological levels remain poorly understood. The objectives of this study were: (1) to investigate the responses of visceral systems to combined mental and physical activity, considering an individual's initial functional state, and (2) to assess the impact of physical activity on cognitive task performance. Our findings indicate that visceral responses to combined activity vary based on an individual's baseline functional state, which may reflect an active redistribution of physiological resources. Additionally, physical activity was found to significantly enhance cognitive task performance, as evidenced by improved speed and accuracy in solving cognitive tasks. These results provide a basis for using this model of cognitive-motor activity as a standard for future diagnostic procedures and comparative analyses.

Keywords: combined activity, combined exertion, cognitive-motor test, cognitive performance, visceral responses

Введение

В последнее десятилетие в психофизиологии труда, коррекционных направлениях психологии, клинической практике, геронтологии всё больше внимания уделяется применению моделей совмещенной или комбинированной деятельности (Городецкий и др. 2012; Fabian et al. 2018; Manciorri et al. 2021).

Парадигма «совмещенной деятельности» предполагает одновременное выполнение испытуемым нескольких когнитивных или моторных, или в случае сложно-совмещенной деятельности когнитивных и моторных задач. Одна из задач в модели часто является основной, другая — фоновой или дополнительной (Горо-

децкий и др. 2012). Согласно опубликованным к настоящему времени зарубежным исследованиям, такие двухзадачные модели представляют собой бурно развивающуюся область применения информационных компьютерных технологий и тест-систем (Manciorri et al. 2021).

Существующие методики тестирования основных функций (внимание, память, мышление, моторика и т. п.) не позволяют оценить интегративные функции управления — особую группу процессов, которые регулируют вклад отдельных психических компонент в структуру целостной деятельности (Городецкий и др. 2012). В частности, профессиональные задачи операторов требуют умения объединять различные психические процессы в целостную

деятельность, в ходе которой происходит практически одновременное осуществление когнитивных функций и двигательных актов. Интегративные функции управления наиболее выражены прежде всего в комбинированной деятельности, где требуется вовлечение «модулирующих» возможностей психики (Городецкий и др. 2012; Зотов 2009). Поэтому именно интегративные физиологические процессы имеют решающее значение в обеспечении результативной деятельности человека, в том числе в профессиональной сфере (Городецкий и др. 2012; Зотов 2009).

В настоящее время существуют примеры комбинированных автоматизированных протоколов для решения задач мониторинга функциональных возможностей организма (среди них методики «Сигнал», РПЭС, «Детекция изменений» (Зотов и др. 2011)), которые позволяют без ухудшения самочувствия выдерживать нагрузки, предъявляемые современным образом жизни (Горячкин и др. 2006). Создаваемые компьютерные тестовые задания моделируют когнитивные процессы у человека в условиях выполнения другой специфической деятельности, например, моторных актов. Оценка характера и степени возникающих в таких условиях изменений когнитивной результативности дает возможность спрогнозировать вероятности «срывов» произвольной регуляции поведения, которые могут произойти в соответствующих ситуациях в реальной жизни (Городецкий и др. 2012; Зотов 2009).

В клинической практике протоколы комбинированной умственной и физической деятельности используются как в диагностических, так и коррекционных целях (Гроховский, Кубряк 2013; Науменко, Преображенская 2018). Они позволяют выявить у пациента часто неосознаваемый им дефицит функций. Также, согласно последним исследованиям (Науменко, Преображенская 2018), при сочетании лекарственных и немедикаментозных методов терапии (когнитивно-моторных тренировок) получается достичь наилучшего результата. Опубликованные результаты исследований (Науменко, Преображенская 2018) показали, что на фоне когнитивно-моторного тренинга уменьшается выраженность тревоги и депрессии, а также наблюдается положительная динамика когнитивных процессов.

В настоящее время нет единого мнения, какие именно методы когнитивно-моторного тренинга наиболее эффективны (Науменко, Преображенская 2018). Особенно часто используются аэробные физические нагрузки, а также упраж-

нения на сопротивление, растяжение, силовые нагрузки, на поддержание равновесия; часто применяется метод двойной задачи. Хорошие результаты дает разнообразная посильная двигательная активность в сочетании с компенсаторными и восстановительными когнитивными упражнениями. Предполагается многокомпонентное влияние физической активности на состояние когнитивных функций.

Вместе с тем свойства модели совмещенной или комбинированной умственной и физической деятельности, ее реализации на разных физиологических уровнях еще не до конца изучены. Недостаточно раскрыта роль исходного функционального состояния испытуемых, в частности состояния висцеральных систем, и особенности его изменения в результате прохождения тестовой процедуры комбинированной когнитивно-моторной деятельности, особенно если рассматривать процедуру как специфическую двухкомпонентную нагрузку.

Ранее процедура комбинирования когнитивной и моторной деятельности нами была охарактеризована как модель специфической экспериментальной нагрузки, вовлекающая показатели вегетативной регуляции (Сиваченко, Любашина 2023). Однако ввиду актуальности подобных протоколов как диагностических методик в научной и прикладной практике, а в потенциале и коррекционных, мы продолжили более детальное изучение интегративных свойств данной модели.

Целями представленной работы стали 1) изучение особенностей реакций висцеральных систем при моделировании комбинированной умственной и физической нагрузки в зависимости от исходного функционального состояния индивидуума и 2) оценка изменений в результативности выполнения умственных заданий под влиянием физического компонента комбинированной деятельности.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие 83 человека. Из них 37,3% — мужчины и 62,7% — женщины. Возрастные группы включали 24,1% участников моложе 30 лет, 49,4% — в возрасте 31–40 лет, 26,5% — старше 41 года.

Каждый испытуемый проходил процедуру комбинированной умственной и физической нагрузки (рис. 1).

Комбинирование физического и умственно-го компонентов достигалось путем одновременного выполнения ходьбы и решения математических примеров (рис. 2).

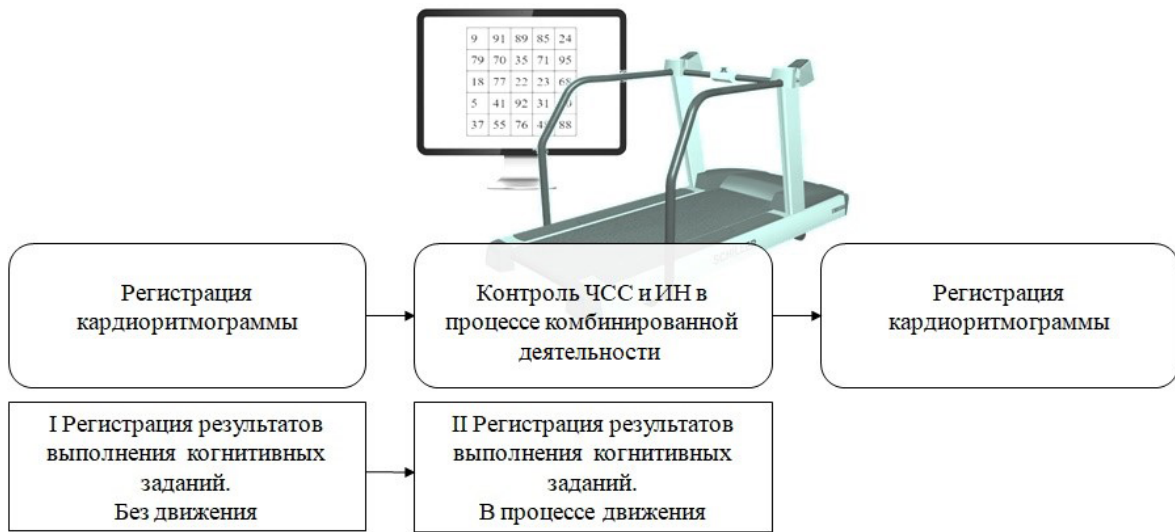


Рис. 1. Схема дизайна исследования

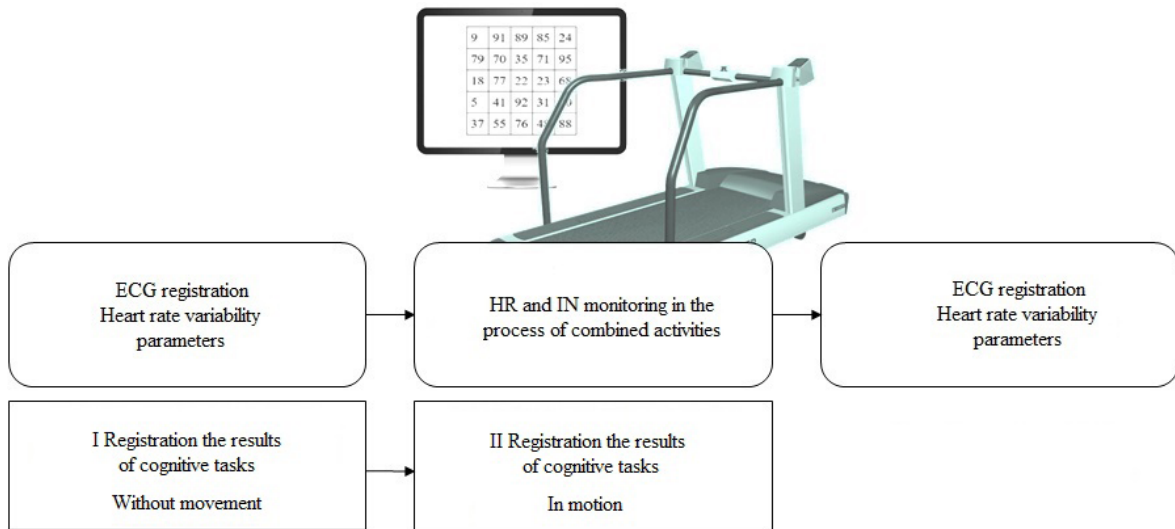


Fig. 1. Diagram of the study design



Рис. 2. Проведение исследования (фото И. Б. Сиваченко, 2023)

Fig. 2. Research experiments in progress (photo by I. B. Sivachenko, 2023)

В качестве физической составляющей процедуры предлагалось выполнение трехминутной ходьбы высокой интенсивности на беговой дорожке шириной 60 см. Процедура включала этапы: 1) привыкание участника к движению по полотну беговой дорожки (скорость минимальна — 1 км/час); 2) повышение скорости движения до соответствующей интенсивному шагу и движение в этом ритме в течение трех минут. Интенсивность шага подбирали индивидуально для каждого участника и контролировали по показателям частоты сердечных сокращений (ЧСС) и индекса напряжения (ИН) Баевского (повышение ЧСС на 20% от исходного значения в положении стоя). Для этого использовали нагрудный беспроводной кардиодатчик и специальное программное обеспечение Колибри HRV (ООО НМФ «Нейротех», Россия). Регистрацию значений ЧСС и оценку ИН осуществляли в течение одной минуты до выполнения процедуры в режиме реального времени (трехминутная запись).

Умственный компонент комбинированной процедуры состоял в решении математических примеров со ступенчатым возрастанием уровней сложности. Всего было предложено 15 примеров, разделенных на три группы сложности. Все 83 участника выполняли задание счета примеров в положении стоя до начала движения на беговой дорожке, затем в условиях ходьбы, начиная с третьей минуты интенсивного шага. Отдельно случайным образом были выделены 14 человек группы контроля. Эти участники выполняли задания счета дважды в положении стоя до начала движения (с перерывом в три минуты). Выделение группы контроля требовалось для исключения эффекта когнитивной тренировки при интерпретации результатов тестирования.

Для оценки состояния висцеральных систем испытуемых использовали диагностический комплекс «Омега Стандарт» (НПФ «Динамика», Россия, ТУ9442-001-50904116-2005). Комплекс «Омега Стандарт» является базовой одноканальной версией кардиографа. В соответствии с методическими указаниями к комплексу, регистрацию кардиоритмограммы с накоплением 300 R-R интервалов проводили в положении сидя. Оценка вегетативных реакций в ответ на комбинированную физическую и умственную нагрузку в группах испытуемых с различным исходным функциональным состоянием проводили по критериям вариабельности ритма сердца (BPC): общая мощность спектра (TP, мс²/Гц), доля мощности крайне низких частот спектра (VLF%), соотношение мощностей низких и высоких частот спектра (LF/HF), зарегистрирован-

ных в расслабленном положении сидя. Оценка успешности выполнения умственных заданий осуществляли по количественному и качественному критериям: время решения примеров, безошибочность.

Результаты

Распределение испытуемых по группам с различным функциональным состоянием

Деление на группы осуществляли на основании оценки BPC по доли мощности крайне низких частот спектра VLF% как индикатора вовлечения гуморальных механизмов, который отражает актуальный уровень утомления.

Деление на группы по доле мощности VLF% проводили согласно нормализованным диапазонам.

1 группа	< 30%
2 группа	30–45%
3 группа	45–60%
4 группа	> 60%

Условной нормой считали значение до 60%, что соответствует предлагаемой в литературе (Гаврилова 2014). Диапазон от 30 до 60%, согласно понятиям физиологии труда, отражает рабочий оптимум — состояние, характерное для человека трудоспособного возраста в режиме трудовой деятельности. Менее 30% характерно для молодых людей с большими физиологическими ресурсами. Распределение экспериментальной выборки: 1 группа — n = 16, 2 группа — n = 16, 3 группа — n = 18, 4 группа — n = 19.

Все различия между группами достоверны ($p < 0,0001$, KW = 76,6, тест Крускала–Уоллиса).

Реакции висцеральных систем на предъявление комбинированной умственной и физической нагрузки в разных группах испытуемых

После прохождения процедуры комбинированной когнитивной и моторной нагрузки группа с изначально наименьшим значением доли мощности спектра VLF% (группа 1) показала максимальный прирост значения этого показателя — на 57,2% (n = 20, p = 0,001, парный тест Вилкоксона) (рис. 3). В группе 2 прирост составил 15,8% (n = 18, p = 0,05). В то же время в группе 3 статистически значимых изменений показателя не наблюдалось, тогда как в группе 4 было отмечено существенное снижение уровня VLF% на 16,2% (n = 20, p = 0,007, парный тест Вилкоксона). Эти данные свидетельствуют о разных, и даже противоположных, эффектах комбинированной нагрузки на спектр VLF%

у лиц с различным функциональным состоянием. Существенных изменений других показателей variability ритма сердца после прохождения процедуры комбинированной когнитивной и моторной нагрузки в группах, различающихся по исходному функциональному состоянию, не было обнаружено.

Изменение результативности выполнения умственных заданий под влиянием физической компоненты комбинированной нагрузки

Все участники исследования успешно справились с выполнением задания счета примеров в процессе интенсивного движения. Однако наблюдались гендерные различия. Из 83 человек, прошедших первичное тестирование, мужчины показали лучшие временные результаты по каждому из уровней сложности примеров. Различия составляли 18,2%, 17,6% и 15,3% для 1, 2 и 3-го уровней сложности ($p < 0,05$, $U = 598,5$; 617,0; 615,0, тест Манна–Уитни–Вилкоксона). В среднем, по всем примерам разница между группами разного пола составила 16,8% ($p = 0,04$, $U = 595,0$). Между группами участников различного возраста существенных различий не обнаружено ($p = 0,81$, $KW = 0,41$, тест Крускала–Уоллиса). Исходное функциональное состояние не отразилось на эффективности решения примеров до начала физической работы, как по качественному ($p = 0,55$, $KW = 1,17$, тест

Крускала–Уоллиса), так и количественному критерию ($p = 0,74$, $KW = 0,58$).

До начала движения на беговой дорожке основная группа по показателям времени счета и количеству ошибок существенно не отличалась от группы контроля (3,7% различия по времени, $p = 0,75$, тест Манна–Уитни–Вилкоксона). В процессе интенсивной ходьбы у всех испытуемых отмечено снижение времени решения как в среднем по всем примерам ($n = 69$, $\Delta t_{cp} = 13,9\%$, $p = 0,001$, парный тест Вилкоксона), так и по уровням сложности (рис. 4). В группе контроля ($n = 14$) при повторном счете значимые изменения были только на самом простом уровне примеров, что может быть следствием эффекта когнитивной тренировки. На втором и третьем уровнях сложности, как и в целом по заданию, значимых различий с исходными значениями времени ответа в контрольной группе не обнаружено. Статистически значимых различий в исходном состоянии и при ходьбе между основной и контрольной группами не было.

Во всех группах с различным функциональным состоянием было отмечено снижение времени решения примеров в процессе интенсивной ходьбы на беговой дорожке (рис. 5). При этом значимых различий снижения времени счета между группами не обнаружено ($p = 0,72$, $KW = 1,34$, тест Крускала–Уоллиса).

Отмечено влияние исходного функционального состояния на качество решения примеров

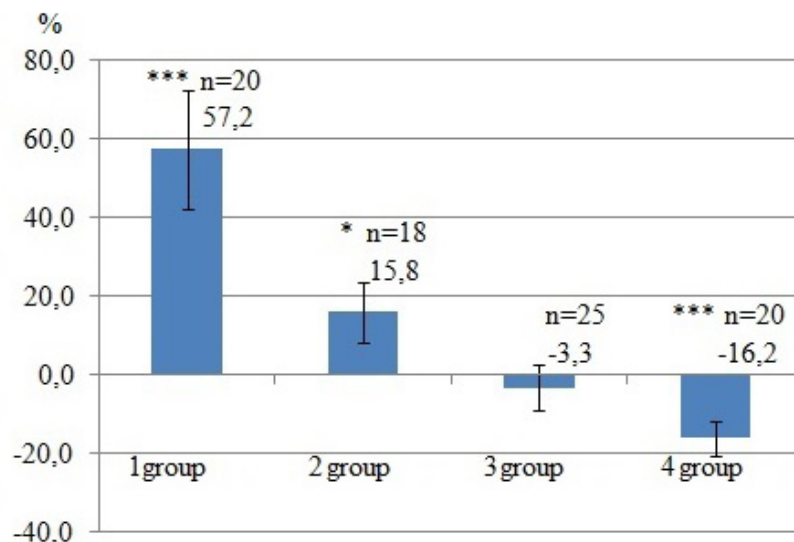


Рис. 3. Изменение значений доли мощности крайне низких частот спектра ритма сердца (VLF) после прохождения процедуры комбинированной когнитивной и моторной нагрузки в группах с различным функциональным состоянием. Значимые различия по сравнению с исходными значениями:

* — $p < 0,05$; *** — $p < 0,001$, парный тест Вилкоксона

Fig. 3. Changes in the power fraction of very low frequencies (VLF) in the heart rate spectrum following combined cognitive and motor exertion across groups with varying functional states. Significant differences from baseline: * — $p < 0.05$; *** — $p < 0.001$, paired samples Wilcoxon test

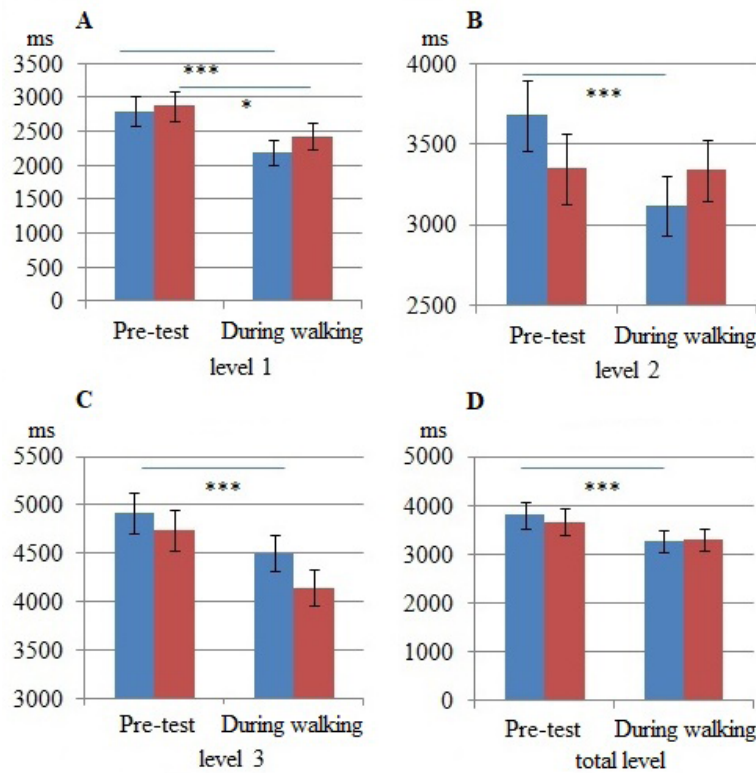


Рис. 4. Средняя скорость ответа (A, B, C — 1, 2 и 3 уровни сложности и D — среднее значение по уровням сложности) при решении математических примеров до и в процессе ходьбы на беговой дорожке. Столбики синего цвета — основная группа (n = 69), столбики красного цвета — контроль (n = 14). Значимые различия по сравнению с исходными значениями: * — p < 0,05; *** — p < 0,001, парный тест Вилкоксона

Fig. 4. Average response speed (A, B, C — difficulty levels, D — total levels average) when solving mathematical problems before and during treadmill walking. Blue bars represent the main group (n = 69), red bars represent the control group (n = 14). Significant differences from baseline: * — p < 0.05; *** — p < 0.001, paired samples Wilcoxon test

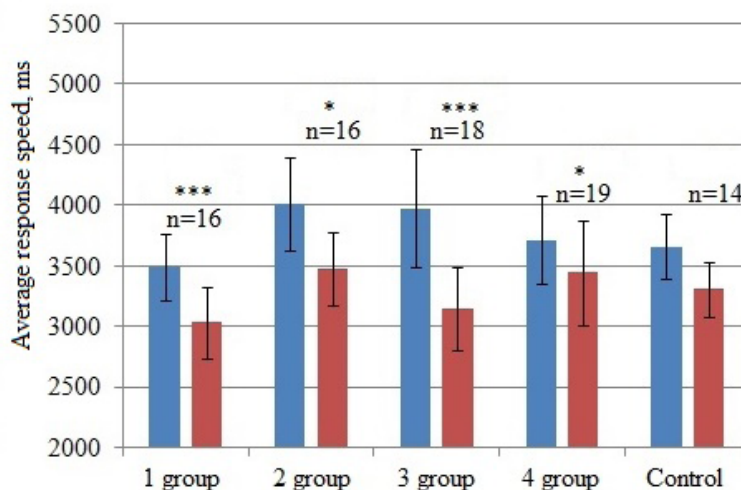


Рис. 5. Средняя скорость ответа в группах с различным функциональным состоянием при решении математических примеров до начала ходьбы (столбики синего цвета) и в процессе ходьбы на беговой дорожке (столбики красного цвета). Значимые различия по сравнению с исходными значениями: * — p < 0,05; *** — p < 0,001, парный тест Вилкоксона

Fig. 5. Average response speed in groups with varying functional states when solving mathematical problems before (blue bars) and during (red bars) treadmill walking. Significant differences from baseline: * — p < 0.05; *** — p < 0.001, paired samples Wilcoxon test

в условиях ходьбы на беговой дорожке (рис. 6). В группе наиболее благоприятного функционального состояния (1 группа) количество ошибок в условиях ходьбы снизилось на 50,0% ($n = 16$, $p < 0,01$, $X^2 = 5,8$, критерий X^2), а в группе 2 — уже на 4,2% ($n = 16$, $p = 0,48$, $X^2 = 0$, критерий X^2). Группы 3 и 4, напротив, показали рост ошибочности на 6,9% ($n = 18$, $p = 0,31$, $X^2 = 0,24$, критерий X^2) и на 35,3% ($n = 18$, $p = 0,35$, $X^2 = 0,14$, критерий X^2) соответственно. Однако, ввиду малых значений количества ошибок в группах, указанные результаты не были статистически значимыми.

Обсуждение и выводы

В понимании интегративных свойств рассматриваемой модели можно выделить два подхода: «психофизиологический» — в контексте конкуренции и доминанты функций (Городецкий и др. 2012; Manciporri et al. 2021), и «физиологический» — оптимальное распределение ресурсов (Бодров, Орлов 1998).

Современная когнитивная психология рассматривает возможность многоканального функционирования психики, при котором часть действий может выполняться бессознательно (Городецкий и др. 2012; Bidzan-Bluma, Lipovska 2018; Choi et al. 2014; Fabian et al. 2018). Параллельное функционирование сознательного и бессознательного уровней психики обеспечивается за счет высокой степени автоматизированности некоторых процессов, например, высокой авто-

матизации движения рук или ног. Благодаря этому становится возможным и выполнение совмещенной деятельности, когда одновременно производятся различные действия (Городецкий и др. 2012).

Как когнитивные задания, так и процессы движения (например, задачи свободной ходьбы) требуют определенных «ресурсов». Предполагается, что параллельные задачи будут конкурировать за эти ресурсы. Как показали исследования (Бодров, Орлов 1998), существует некая форма избирательности в динамике психических функций. Дольше сохраняются те качества, которые имеют большее мотивационное значение.

Таким образом, когнитивная нагрузка в случае мотивационного доминирования должна потреблять больший когнитивный резерв субъекта, уменьшая его для механизмов моторного контроля. Поэтому в практике рекомендуется использовать различные комбинации двигательных задач и когнитивных упражнений (Bidzan-Bluma, Lipovska 2018; Fabian et al. 2018; Manciporri et al. 2021).

В представленной работе показано значимое улучшение результативности выполнения когнитивных заданий в условиях физической деятельности, в частности, однозначное снижение скорости решения арифметических примеров в группах с различным функциональным состоянием. Сведения о позитивном влиянии физической активности на успешность выполнения умственных задач соответствуют данным

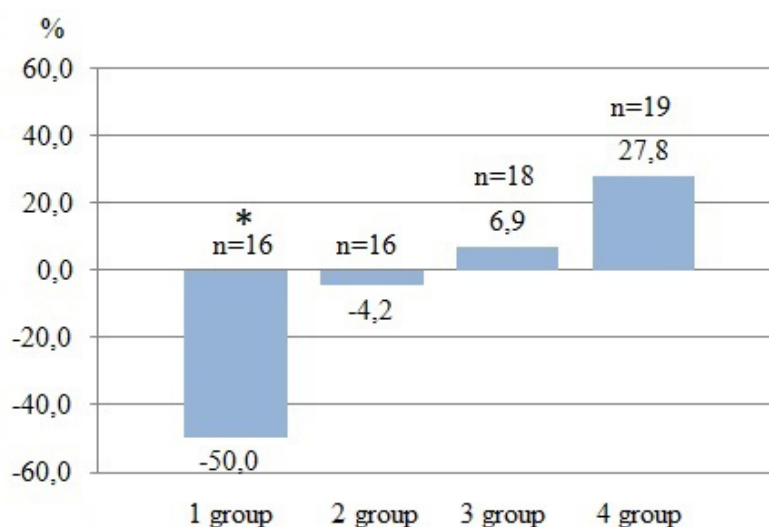


Рис. 6. Прирост количества ошибок в группах с разным функциональным состоянием при выполнении когнитивных заданий во время ходьбы на беговой дорожке, * — X^2 критерий

Fig. 6. Increase in the number of errors in cognitive tasks in groups with varying functional states while walking on a treadmill, * X^2 statistic

зарубежных авторов (Канеман и др. 2005; Fabian et al. 2018). Полученные сведения о скорости и точности решения примеров в модели совмещенной умственной деятельности и интенсивной ходьбы на беговой дорожке могут быть использованы в качестве норм для дальнейшего применения теста (например, в сфере оценки стрессоустойчивости персонала) и проведения процедур сопоставления результатов.

Согласно ресурсной теории, все психические процессы, в том числе и умственные, обеспечиваются определенными «ресурсами». Ресурсы детерминируют скоростные характеристики процессов, а также общий потенциал и возможности личности. В психологии спорта, а также в психологии труда, ресурсы и резервы организма рассматривают как фактор успешности профессиональной деятельности. Ресурсы и резервы отражают «цену» деятельности и позволяют оценить психические «затраты» человека на достижение целей (Бодров, Орлов 1998).

Таким образом, оптимальное распределение ресурсов в модели совмещенной деятельности принято рассматривать как функциональный потенциал, обеспечивающий устойчивый уровень реализации каждой задачи в отдельности и достижение целевых заданных параметров на протяжении определенного отрезка времени (Бодров, Орлов 1998).

Как показали наши исследования, процессы реализации когнитивно-моторной модели вовлекают также висцеральные функции, которые находятся под системным произвольным управлением.

В представленной работе показаны различные, в зависимости от исходного функционального состояния, реакции висцеральных систем на выполнение процедуры комбинированной умственной и физической деятельности. После прохождения процедуры комбинированной нагрузки группа с изначально наиболее благоприятным функциональным состоянием показала максимальные траты имеющихся ресурсов, обеспечивающих реакции висцеральных функций (увеличение доли мощности VLF на 57,2%). В то же время в группе с минимальными физиологическими ресурсами было отмечено их существенное восстановление (на 16,2%). Предположительно, при наличии признаков утомления рассматриваемая модель совмещенной деятельности как специфическая

нагрузка может восприниматься организмом как причина активного перераспределения физиологических ресурсов (Бодров, Орлов 1998; Канеман и др. 2005). При этом, у лиц с благоприятным функциональным состоянием организм «допускает» некоторое ухудшение состояния.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии потенциального или явного конфликта интересов.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest, either existing or potential.

Соответствие принципам этики

Авторы сообщают, что при проведении исследования соблюдены этические принципы, предусмотренные для исследований с участием людей. Экспериментальный протокол утвержден Комиссией по этике Института физиологии им. И. П. Павлова РАН (№23-04 от «20» декабря 2023 г.).

Ethics Approval

The authors affirm that the study adhered to ethical guidelines for research involving human participants. The experimental protocol was approved by the Ethics Commission of the Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of Sciences (approval No. 23-04, 20 December 2023).

Вклад авторов

а. Сиваченко Иван Борисович — идея работы и планирование эксперимента, сбор данных, обработка данных, написание и редактирование статьи;

б. Любашина Ольга Анатольевна — написание и редактирование статьи.

Author Contributions

a. Ivan B. Sivachenko — conceptualization and experimental design, data collection, data processing, manuscript writing and editing;

b. Olga A. Lyubashina — manuscript writing and editing.

Литература

- Бодров, В. А., Орлов, В. Я. (1998) *Психология и надежность: человек в системах управления техникой*. М.: Институт психологии РАН, 288 с.
- Гаврилова, Е. А. (2014) *Ритмокардиография в спорте*. СПб.: Изд-во Северо-Западного государственного медицинского университета им. И. И. Мечникова, 160 с.
- Городецкий, И. Г., Якимович, Н. В., Трофимов, Е. А и др. (2012) Создание методики для диагностики способности к совмещенной деятельности. *Психологические исследования*, т. 5, № 26. <https://doi.org/10.54359/ps.v5i26.734>
- Горячкин, Т. Г., Евдокимов, В. И., Шалимов, П. М. (2006) К оценке функционального состояния человека-оператора. *Медицина труда и промышленная экология*, № 8, с. 35–38.
- Гроховский, С. С., Кубряк, О. В. (2013) *Двухфазный двигательно-когнитивный тест с биологической обратной связью по опорной реакции*. Патент RU (11) 2 530 767(13) С1. Дата регистрации 18.04.2013. Выдано Роспатентом.
- Зотов, М. В. (2009) Методологические основы ранней диагностики пограничных нервно-психических расстройств. *Вестник СПбГУ*, № 4, с. 247–254.
- Зотов, М. В., Щелкова, О. Ю., Петрукович, В. М. (2011) Системно-ситуационный подход в клинической психодиагностике. *Вестник СПбГУ*, № 4, с. 222–230.
- Канеман, Д., Слоник, П., Тверски, А. (2005) *Принятие решений в неопределенности: Правила и предубеждения*. Харьков: Изд-во Институт прикладной психологии «Гуманитарный Центр», 632 с.
- Науменко, А. А., Преображенская, И. С. (2018) Когнитивно-моторный тренинг у пациентов с умеренными когнитивными нарушениями и легкой деменцией. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*, т. 10, № 4, с. 81–87. <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2018-4-81-87>
- Сиваченко, И. Б., Любашина, О. А. (2023) Комплексный подход к средствам оценки вегетативной регуляции в модели комбинированной физической и умственной нагрузки. *Интегративная физиология*, т. 4, № 2, с. 164–173. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2023-4-2-164-173>
- Bidzan-Bluma, I., Lipowska, M. (2018) Physical activity and cognitive functioning of children: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 15, no. 4, article 800. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040800>
- Choi, H. H., Jeroen, J. G., Paas, F. (2014) Effects of the physical environment on cognitive load and learning: Towards a new model of cognitive load. *Educational Psychology Review*, vol. 26, no. 2, pp. 225–244. <https://doi.org/10.1007/s10648-014-9262-6>
- Fabian, H., Dennis, H., Lutz, S., Notger, G. M. (2018) Thinking while moving or moving while thinking — concepts of motor-cognitive training for cognitive performance enhancement. *Frontiers in Aging Neuroscience*, vol. 10, article 228. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2018.00228>
- Mancioppi, G., Fiorini, L., Rovini, E. et al. (2021) Innovative motor and cognitive dual-task approaches combining upper and lower limbs may improve dementia early detection. *Scientific Reports*, vol. 11, no. 1, article 7449. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86579-3>

References

- Bodrov, V. A., Orlov, V. Ya. (1998) *Psichologiya i nadezhnost': Chelovek v sistemakh upravleniya tekhnikoj [Psychology and reliability: Man in technology control systems]*. Moscow: Institute of Psychology RAS Publ., 288 p. (In Russian)
- Bidzan-Bluma, I., Lipowska, M. (2018) Physical activity and cognitive functioning of children: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 15, no. 4, article 800. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040800> (In English)
- Choi, H. H., Jeroen, J. G., Paas, F. (2014) Effects of the physical environment on cognitive load and learning: Towards a new model of cognitive load. *Educational Psychology Review*, vol. 26, no. 2, pp. 225–244. <https://doi.org/10.1007/s10648-014-9262-6> (In English)
- Fabian, H., Dennis, H., Lutz, S., Notger, G. M. (2018) Thinking while moving or moving while thinking — concepts of motor-cognitive training for cognitive performance enhancement. *Frontiers in Aging Neuroscience*, vol. 10, article 228. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2018.00228> (In English)
- Gavrilova, E. A. (2014) *Ritmokardiografiya v sporte [Rhythmocardiography in sports]*. St-Petersburg: North-Western state medical university named after I. I. Mechnikov Publ., 160 p. (In Russian)
- Gorodetsky, I. G., Yakimovich, N. V., Trofimov, E. A. et al. (2012) Sozdanie metodiki dlya diagnostiki sposobnosti k sovmeshchennoj deyatelnosti [The development of technique for diagnostics of concurrent task performance ability]. *Psikhologicheskie issledovaniya — Psychological research*, vol. 5, no. 26. <https://doi.org/10.54359/ps.v5i26.734> (In Russian)
- Goryachkin, T. G., Evdokimov, V. I., Shalimov, P. M. (2006) K otsenke funktsional'nogo sostoyaniya cheloveka-operatora [Towards assessment of the functional state of a human operator]. *Meditcina truda i promyshlennaya ekologiya — Occupational medicine and industrial ecology*, no. 8, pp. 35–38. (In Russian)

- Grokhovsky, S. S., Kubrjak, O. V. (2013) *Dvukhfaznyj dvigatel'no-kognitivnyj test s biologicheskoj obratnoj svyaz'yu po opornoj reaktsii [Two-phase motor-cognitive test with biological feedback by support reaction]*. Patent RU (11) 2 530 767(13) C1. Register date 04.18.2013. Granted by Rospatent. (In Russian)
- Kahneman, D., Slonik, P., Tversky, A. (2005) *Prinyatie reshenij v neopredelennosti: Pravila i predubezhdeniya [Judgment under uncertainty: Heuristics and biases]*. Kharkov: Institute of Applied Psychology "Humanitarian Center" Publ., 632 p. (In Russian)
- Mancioppi, G., Fiorini, L., Rovini, E. et al. (2021) Innovative motor and cognitive dual-task approaches combining upper and lower limbs may improve dementia early detection *Scientific Reports*, vol. 11, no. 1, article 7449. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86579-3> (In English)
- Naumenko, A. A., Preobrazhenskaya, I. S. (2018) Kognitivno-motornyj trening u pacientov s umerennymi kognitivnymi narusheniyami i legkoj dementsiej [Cognitive and motor training for patients with moderate cognitive impairment and mild dementia]. *Nevrologiya, neiropsikhiatriya, psikhosomatika — Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*, vol. 10, no. 4, pp. 81–87. <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2018-4-81-87> (In Russian)
- Sivachenko, I. B., Lyubashina, O. A. (2023) Kompleksnyj podkhod k sredstvam otsenki vegetativnoj regulyatsii v modeli kombinirovannoj fizicheskoj i umstvennoj nagruzki [An integrated approach to means of assessing autonomic regulation in a model of combined physical and mental load]. *Integrativnaya fiziologiya — Integrative Physiology*, vol. 4, no. 2, pp. 164–173. <https://doi.org/10.33910/2687-1270-2023-4-2-164-173> (In Russian)
- Zotov, M. V. (2009) Metodologicheskie osnovy rannej diagnostiki pograničnykh nervno-psikhicheskikh rasstrojstv [Methodology of early diagnosis of borderline mental disorders]. *Vestnik SPbGU — Bulletin of Saint-Petersburg State University*, no. 4, pp. 247–254. (In Russian)
- Zotov, M. V., Shchelkova, O. Yu., Petrukovich, V. M. (2011) Sistemno-situacionnyj podkhod v klinicheskoj psikhodiagnostike [The system-situational approach in clinical psychodiagnosics]. *Vestnik SPbGU — Bulletin of Saint Petersburg State University*, no. 4, pp. 222–230. (In Russian)