

УДК 796.011

DOI 10.5930/1994-4683-2025-9-43-50

**Влияние двигательной активности на исполнительные функции («обновление», «подавление», «переключение») на примере студентов**

**Петрозаводского государственного университета**

**Тихомиров Роман Владимирович**

**Петрозаводский государственный университет**

**Аннотация**

**Цель исследования** – изучение связи объема и частоты двигательной активности с результатами тестирования исполнительных функций («обновление», «подавление», «переключение»).

**Методы и организация исследования.** Для постановки гипотезы и планирования экспериментальной части исследования использовали теоретический анализ и обобщение научной литературы. Тестирование исполнительных функций осуществляли с помощью нейрокогнитивных тестов: тест Струпа, WCST, тест Корси; двигательную активность оценивали в соответствии с методикой IPAQ. Анализ данных с применением математико-статистических средств включал корреляционный и дисперсионный анализ.

**Результаты исследования и выводы.** Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что некоторые компоненты исполнительных функций, а именно «подавление» и «переключение», положительно связаны с показателями двигательной активности, это подтверждается данными корреляционного анализа и применением статистического метода ANOVA. Полученные результаты вносят значимый вклад в подтверждение гипотезы о положительном влиянии двигательной активности на когнитивную сферу человека.

**Ключевые слова:** исполнительные функции, двигательная активность, физическая активность, когнитивные способности.

**The impact of motor activity on executive functions ("updating," "inhibition," "switching") among students of Petrozavodsk State University**

**Tikhomirov Roman Vladimirovich**

**Petrozavodsk State University**

**Abstract**

**The purpose of the study** is to investigate the relationship between the volume and frequency of motor activity and the results of executive function testing ("updating", "inhibition", "switching").

**Research methods and organization.** To formulate the hypothesis and plan the experimental part of the study, theoretical analysis and summarization of scientific literature were used. Executive functions were tested using neurocognitive tests: the Stroop test, WCST, and the Corsi test; motor activity was assessed according to the IPAQ methodology. Data analysis using mathematical and statistical tools included correlation and variance analysis.

**Research results and conclusions.** The results of the conducted study indicate that certain components of executive functions, specifically 'inhibition' and 'switching', are positively correlated with indicators of motor activity, as confirmed by correlation analysis and the application of the statistical method ANOVA. The results obtained make a significant contribution to confirming the hypothesis regarding the positive influence of motor activity on the cognitive domain of an individual.

**Keywords:** executive functions, motor activity, physical activity, cognitive abilities.

**ВВЕДЕНИЕ.** В течение последних десятилетий широко обсуждается вопрос о влиянии двигательной активности на когнитивные способности человека. Данная идея в отечественной науке в первую очередь связана с П. Ф. Лесгафтом. Ему принадлежит теоретическое обоснование взаимосвязи умственной и физической деятельности как неразрывных элементов развития гармонично развитой личности.

Физиологические основы данной проблемы были заложены в трудах И. М. Сеченова. Он отмечал, что «все внешние проявления мозговой деятельности действительно могут быть сведены к мышечному движению» [1]. Однако очевидно, что этот процесс не является однонаправленным. Если следствием умственной деятельности является мышечное сокращение, целесообразно предполагать, что и результатом мышечных сокращений может быть нейронная активность.

Новый этап исследований в этой области связан с развитием современных методов нейровизуализации и накоплением обширного эмпирического материала. Показано, что интеллектуальная и физическая деятельность человека на уровне отделов мозга, руководящих ею, находится в тесной взаимосвязи, что позволяет говорить об объективной возможности стимулировать интеллектуальную активность человека путём двигательной активности [2].

Наблюдаются некоторые особенности связи двигательной активности и когнитивных способностей. Во-первых, активный образ жизни не только имеет долгосрочный эффект, но и сказывается на ближайшей когнитивной деятельности. Некоторые авторы отмечают, что более высокая двигательная активность положительно связана с более высокими показателями эпизодической и рабочей памяти на следующий день [3].

Во-вторых, не определены значения объема и интенсивности физической активности, которые будут ассоциироваться с наибольшим положительным эффектом для когнитивных способностей. С учетом того, что различные виды двигательной активности оказывают дифференцированное влияние на функциональные системы организма, целесообразно предположить, что развитие когнитивных способностей, детерминированное физической активностью, может быть обусловлено конкретными видами и формами физических упражнений. Установлено, что многокомпонентные упражнения, как правило, являются наиболее перспективным методом лечебной физкультуры для предотвращения снижения когнитивных показателей [4].

В настоящее время актуальной областью исследований является изучение влияния двигательной активности на когнитивные способности, определяемые как исполнительные функции [5]. Согласно Г. А. Виленской, исполнительные функции представляют собой набор когнитивных способностей, необходимых для контроля и саморегуляции поведения, отвечающих за когнитивные процессы, которые регулируют, контролируют и управляют другими когнитивными процессами [6]. Наиболее распространенная структура исполнительных функций описана А. Мияке и Н. Фридман [7]. Авторы выделяют следующие её компоненты:

- способность противостоять стимулам, воспоминаниям и подавлять иррелевантные реакции («подавление»);
- способность удерживать и обновлять информацию в сознании («обновление»);
- способность переключаться между когнитивными операциями или умственными установками («переключение»).

На данный момент остается неизвестным механизм влияния двигательной активности на исполнительные функции. Положительный эффект связывают с более эффективной нейропластичностью, возникающей как вследствие улучшения церебральной гемодинамики, так и в результате повышения уровня нейротрофического фактора мозга, способствующего пролиферации и выживанию нейронов [8]. В частности, показано, что аэробные упражнения стимулируют функциональную и структурную нейропластичность как в моторной коре головного мозга, так и в префронтальной области, связанной с исполнительными функциями [9]. Увеличение показателей нейропластичности имеет терапевтический потенциал, который дополняет известные преимущества физической активности для здоровья, связанные с

двигательной функциональностью, психологическим состоянием и сердечно-сосудистой системой [10].

В нашем исследовании была предпринята попытка проверить, подтверждаются ли данные о взаимосвязи исполнительных функций с двигательной активностью у студентов начальных курсов Петрозаводского государственного университета. С учетом того, что до сих пор не определены показатели объема и интенсивности двигательной активности, ассоциирующиеся с наибольшим положительным эффектом для исполнительных функций, также были исследованы когнитивные показатели у групп испытуемых с высокой, средней двигательной активностью и с наблюдаемыми признаками гиподинамии.

**ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ** – анализ взаимосвязи объема и частоты двигательной активности с показателями тестирования исполнительных функций.

**МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ.** Для постановки гипотезы и планирования экспериментальной части исследования использовался теоретический анализ и обобщение научной литературы. Исследование показателей исполнительных функций производилось с помощью Висконсинского теста сортировки карточек (WCST), теста Струпа и теста Корси.

WCST рассматривается исследователями как популярный нейрокогнитивный тест для оценки «переключения». Методика состоит из набора карточек, которые различаются по цвету, форме и количеству объектов. Участнику исследования предлагается сортировать карточки по данным категориям. В текущем исследовании применяется сокращенный аналог WCST с 60 элементами (вместо стандартных 128) для снижения когнитивной нагрузки на испытуемых и минимизации времени тестирования. В данной работе показатель WCST отражает абсолютное количество ошибок, совершенных испытуемым в процессе выполнения теста. Отметим, что абсолютное количество ошибок включает как ошибки, совершённые после смены правила, так и случайные ошибки.

Тест Струпа характеризует степень субъективной трудности в смене способов переработки информации в ситуации когнитивного конфликта и связан с процессами «подавления» [11]. В текущей работе результатом теста Струпа является разница между средним временем ответа в первой части теста (названия цветов написаны черным шрифтом) и средним временем ответа во второй части теста (названия цветов имеют различные цвета). Результат тестирования представлен в миллисекундах (мс). Предполагается, что чем больше данный показатель, тем выше субъективная трудность в разрешении когнитивного конфликта и слабее развиты механизмы тормозного контроля.

Тест Корси представляет собой классический инструмент оценки объема зрительно-пространственной рабочей памяти, способности кратковременного удержания и воспроизведения визуальных паттернов [12]. В текущем исследовании использовалась цифровая версия теста Корси, в которой на экране представлено девять блоков, которые на короткое время подсвечиваются в случайной последовательности. Перед испытуемым стояла задача воспроизвести последовательность подсвечивания блоков в том же порядке. Результат теста Корси – максимальное количество элементов, очередность изменения подсветки которых была правильно воспроизведена испытуемым.

Таким образом, используемая триада нейрокогнитивных тестов охватывает оценку основных компонентов исполнительных функций в соответствии с концепцией А. Мияке и Н. Фридман [7].

В целях оценки регулярности и частоты двигательной активности использовался Международный опросник физической активности (IPAQ). В текущем исследовании использовался электронный вариант краткой формы, регистрировался отчет испытуемых о двигательной активности за последние 7 дней [13]. Стоит отметить, что респонденты склонны переоценивать активность высокой интенсивности и недооценивать время, которое они проводят в положении сидя и лежа. Это важно учитывать при использовании полученных результатов на практике [14].

Математико-статистическая обработка данных производилась с использованием корреляционного анализа, позволяющего определить силу и направление связи между переменными. С учетом того, что распределение переменных, где применялся корреляционный анализ, являлось асимметричным, математическая обработка выполнялась с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена.

В исследовании приняли участие студенты Петрозаводского государственного университета (ПетрГУ) в возрасте от 18 до 20 лет (1–2 курс), обучающиеся по направлениям подготовки бакалавриата, связанным с историей, политическими и социальными науками. Общий объем выборки составил 60 человек (32 девушки и 28 юношей). Возрастно-половых различий по показателям IPAQ, WCST, тесту Струпа и тесту Корси в соответствии с критерием t-Стьюдента выявлено не было.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.** На первом этапе исследования проверялась гипотеза о том, что показатели самоотчета респондентов об объеме и частоте двигательной активности положительно связаны с результатами тестирования исполнительных функций в соответствии с моделью А. Мияке и Н. Фридман. Описательные статистики для всех переменных, включенных в исследование, представлены в таблице 1. Отсутствие нормального распределения данных по нескольким показателям диагностических методик повлияло на дальнейший выбор статистических методов, устойчивых к отклонениям закона распределения от предполагаемого.

Таблица 1 – Описательные статистики показателей анкеты IPAQ и нейропсихологических тестов (тест Струпа, WCST, тест Корси) (N = 60)

	Min	Max	M	Me	SD	W-тест Шапиро-Уилка, p
Анкета двигательной активности						
IPAQ (баллы)	14	43	28.2	27	6.27	0,5
Нейропсихологические тесты						
Тест Струпа (мс.)	5	584	234	220	129	0,3
WCST (кол-во ошибок)	3	38	14.9	13	7.45	<0,01
Тест Корси (кол-во элементов)	3	10	6	6	1,38	<0,01

\*Прим.: M - средние значения, Me – медиана, SD – стандартные отклонения, Min, Max - наименьшие и наибольшие значения.

Для изучения взаимосвязей между переменными был применен критерий г-Спирмена. Результаты корреляционного анализа по всем эмпирическим показателям представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Коэффициенты корреляции Спирмена между показателями двигательной активности и результатами нейропсихологического тестирования (N = 60)

Нейропсихологические тесты	IPAQ	
	г- Спирмена	р-значение
Тест Струпа (мс.)	-0,291	0.027*
WCST (кол-во ошибок)	-0,276	0.036*
Тест Корси (кол-во элементов)	0,016	0.903

\* Прим.: \* –  $p < 0,05$  связь переменных статистически достоверна.

На основании полученных данных можно заключить, что двигательная активность, измеренная с помощью методики IPAQ, статистически достоверно отрицательно взаимосвязана с показателями исполнительных функций, связанных с «подавлением» (тест Струпа) и «переключением» (WCST). Учитывая, что более низкие значения в тесте Струпа и меньшее количество допущенных ошибок в WCST свидетельствуют о лучшем развитии соответствующих функций, отрицательная корреляция с IPAQ означает, что более высокая двигательная активность связана с лучшими показателями "подавления" и "переключения". Не обнаружены корреляционные взаимосвязи статистической значимости с результатами теста Корси.

На втором этапе исследования проверялась гипотеза о том, что наиболее сильный эффект влияния двигательной активности на исполнительные функции наблюдается при низкой двигательной активности (гиподинамии). По данным опросника IPAQ, всех респондентов можно разделить по уровню субъективно воспринимаемой физической нагрузки на три категории:

- 1 – низкие показатели физической активности (гиподинамия);
- 2 – средние показатели;
- 3 – высокие показатели.

Согласно полученным результатам, признаки гиподинамии наблюдаются у 22% студентов.

Характер связи двигательной активности с когнитивными показателями был исследован с применением метода однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA). С учетом того, что дисперсии сравниваемых групп не равны применительно к тесту Струпа, для оценки различий между средними значениями групп использовался Welch ANOVA. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты ANOVA, описывающие влияние фактора двигательной активности (по трем категориям) на когнитивные способности

	F	p
Тест Струпа	4.0	0.024*
WCST	5.0	0.010*

Примечание: \* –  $p < 0,05$ . Средние значения групп статистически достоверно различаются.

Результаты ANOVA также свидетельствуют о том, что фактор двигательной активности может оказывать влияние на исполнительные функции, что наглядно представлено на рисунках 1 и 2. Отмечаем, что низкие значения, полученные в тестах Струпа и WCST, связаны с более высокими показателями исполнительных функций.

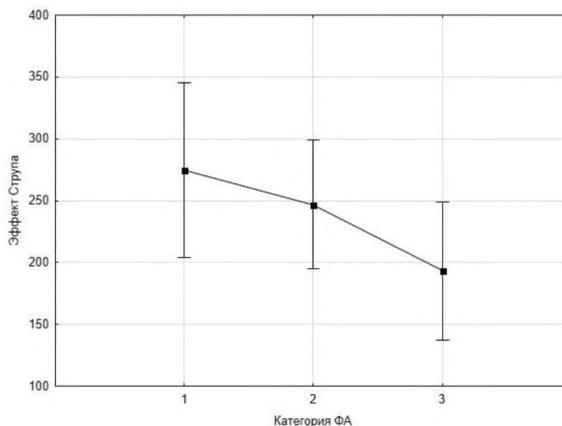


Рисунок 1 – Результаты ANOVA, описывающие влияние фактора двигательной активности (по трем категориям) на результаты в тесте Струпа

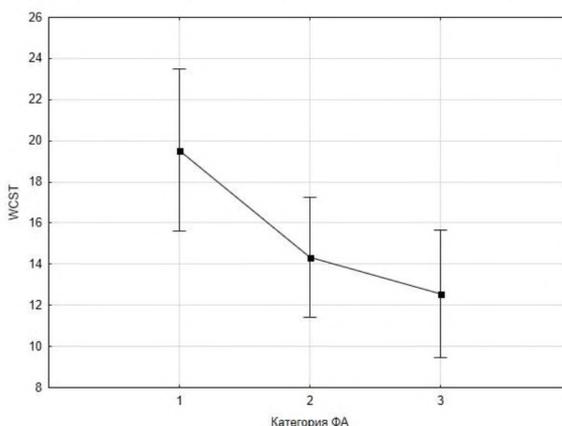


Рисунок 2 – Результаты ANOVA, описывающие влияние фактора двигательной активности (по трем категориям) на результаты в тесте WCST

На основании полученных данных нельзя однозначно подтвердить гипотезу о том, что наиболее сильный эффект влияния двигательной активности на исполнительные функции наблюдается при высоких значениях гиподинамии. Статистическая тенденция, позволяющая подтвердить предположение, прослеживается в результатах WCST. Однако, так как зависимость носит линейный характер, а разница в показателях между группами с различными категориями двигательной активности не является ярко выраженной, представленные выводы имеют множество допущений.

**ВЫВОДЫ.** Результаты проведенного эмпирического исследования свидетельствуют о том, что некоторые компоненты исполнительных функций, а именно «подавление» и «переключение», положительно связаны с показателями двигательной активности, что подтверждается данными корреляционного анализа и применением статистического метода ANOVA.

Несмотря на то, что результаты корреляционного анализа не вносят ясности в понимание причинно-следственных отношений между исследуемыми феноменами, в научной литературе представлено обоснование казуальности связи двига-

тельной активности и когнитивных способностей. Полученный эмпирический материал соотносится с данными о влиянии двигательной активности на исполнительные функции.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Настоящее исследование подтверждает и расширяет существующие представления о взаимосвязи двигательной активности и когнитивных способностей, связанных с исполнительными функциями, обосновывая необходимость интеграции двигательной активности в стратегии когнитивного развития и образовательные практики. Изучение исполнительных функций является как перспективной, так и достаточно молодой областью исследования и требует многократного осмысления и проверки гипотез, связанных с ней. Роль исполнительных функций заключается в том, что они являются промежуточным звеном между физиологическими сдвигами, происходящими в организме человека, и показателями мышления, решения задач. Обнаруженная значимая положительная связь двигательной активности с такими показателями исполнительных функций, как «подавление» и «переключение», имеет значительные физиологические предпосылки, что определяет закономерность полученных выводов.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сеченов И. М. Рефлексы головного мозга: попытка свести способ происхождения психических явлений на физиологические основы: с биографией И. М. Сеченова. Москва : ЛИБРОКОМ, 2016. 128 с. (Из наследия мировой психологии). ISBN 978-5-9710-3314-1.

2. Кузнецов О. Ю., Петрова Г. С. Физиологические основы стимуляции активности интеллектуальной деятельности студентов средствами физического воспитания // Известия Тульского государственного университета. Гуманитарные науки. 2013. № 1. С. 357–362. EDN: QBCCXP.

3. Associations of accelerometer-measured physical activity, sedentary behaviour, and sleep with next-day cognitive performance in older adults: a micro-longitudinal study / Bloomberg M. [et al.]. DOI 10.1186/s12966-024-01683-7 // International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity. 2024. V. 21, No 1. Article number 133. EDN: YESYMM.

4. Comparative efficacy of various exercise interventions on cognitive function in patients with mild cognitive impairment or dementia: a systematic review and network meta-analysis / Huang X. [et al.]. DOI 10.1016/j.jshs.2021.05.003 // Journal of sport and health science. 2022. V. 11, No 2. P. 212–223. EDN: HERAWZ.

5. Physical activity is associated with better executive function in university students / Salas-Gomez D. [et al.]. DOI 10.3389/fnhum.2020.00011 // Frontiers in Human Neuroscience. 2020. V. 14. P. 11. EDN: PQPVYS.

6. Виленская Г. А. Исполнительные функции // Психологический журнал. 2016. Том 37, № 4. С. 21–31. EDN: WHFRNZ.

7. Miyake A., Friedman N.P., Emerson M. J. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis // Cognitive psychology. 2000. V. 41, No 1. P. 49–100. EDN: GTFMVB.

8. Сутормина Н. В. Роль нейротрофического фактора мозга (BDNF) в физической активности (обзор). DOI 10.33910/2687-0223-2022-4-2-124-133 // Комплексные исследования детства. 2022. Т. 4, № 2. С. 124–133. EDN: EZWQPT.

9. Short-term high-intensity interval exercise promotes motor cortex plasticity and executive function in sedentary females / Hu M. [et al.]. DOI 10.3389/fnhum.2021.620958 // Frontiers in Human Neuroscience. 2021. V. 15. P. 620958. EDN: BPKNFC.

10. Effects of aerobic physical exercise on neuroplasticity after stroke: systematic review / Penna L. G. [et al.]. DOI 10.1590/0004-282x-anp-2020-0551 // Arquivos de neuro-psiquiatria. 2021. V. 79, No 09. P. 832–843. EDN: FKKFSG.

11. Faria C. A., Alves H. V. D., Charchat-Fichman H. The most frequently used tests for assessing executive functions in aging // Dementia & neuropsychologia. 2015. V. 9, No 2. P. 149–155.

12. Berch D. B., Krikorian R., Huha E. M. The Corsi block-tapping task: Methodological and theoretical considerations. DOI 10.1006/brcg.1998.1039 // Brain and cognition. 1998. V. 38, No 3. P. 317–338.

13. Friedman N. P., Miyake A. Unity and diversity of executive functions: Individual differences as a window on cognitive structure. DOI 10.1016/j.cortex.2016.04.023 // Cortex. 2017. V. 86. P. 186–204. EDN: YWJVCB.

14. Criterion validity of The International Physical Activity Questionnaire-Short Form (IPAQ-SF) for use in clinical practice in patients with osteoarthritis / Joseph K. L. [et al.]. DOI 10.1186/s12891-021-04069-z // *BMC musculoskeletal disorders*. 2021. V. 22. P. 1–9. EDN: CWZUFN.

REFERENCES

1. Sechenov I. M. (2016), “Reflexes of the brain: an attempt to reduce the method of origin of mental phenomena to a physiological basis”, with the biography of I. M. Sechenov, Moscow, LIBROCOM, 128 p., ISBN 978-5-9710-3314-1.

2. Kuznetsov O. Yu., Petrova G. S. (2013), “Physiological bases of stimulation of activity of intellectual activity of students by means of physical training”, *Bulletin of Tula State University, Humanities*, no. 1, pp. 357–362.

3. Bloomberg M. [et al.] (2024), “Associations of accelerometer-measured physical activity, sedentary behaviour, and sleep with next-day cognitive performance in older adults: a micro-longitudinal study”, *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, vol. 21, no. 1, Article number 133, DOI 10.1186/s12966-024-01683-7.

4. Huang X., Zhao X., Li B., Cai Y., Zhang S., Wan Q., Yu F. (2022), “Comparative efficacy of various exercise interventions on cognitive function in patients with mild cognitive impairment or dementia: a systematic review and network meta-analysis”, *Journal of sport and health science*, vol. 11, no. 2, pp. 212–223, DOI 10.1016/j.jshs.2021.05.003.

5. Salas-Gomez D., Fernandez-Gorgojo M., Pozueta A., Diaz-Ceballos I., Lamarain M., Perez C., Sanchez-Juan P. (2020), “Physical activity is associated with better executive function in university students”, *Frontiers in Human Neuroscience*, no. 14, p. 11, DOI 10.3389/fnhum.2020.00011.

6. Vilenskaya G. A. (2022), “Executive functions”, *Psychological journal*, Vol. 37, No 4, pp. 21–31.

7. Miyake A., Friedman N. P., Emerson M. J., Witzki A. H., Howerter A., Wager T. D. (2000), “The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis”, *Cognitive psychology*, 41 (1), pp. 49–100.

8. Sutormina N. V. (2022), “The role of brain-derived neurotrophic factor (BDNF) in physical activity (review)”, *Comprehensive Studies in Childhood*, V. 4, No 2, pp. 124–133, DOI 10.33910/2687-0223-2022-4-2-124-133.

9. Hu M., Zeng N., Gu Z., Zheng Y., Xu K. [et al.] (2021), “Short-term high-intensity interval exercise promotes motor cortex plasticity and executive function in sedentary females”, *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 15, 620958, DOI 10.3389/fnhum.2021.620958.

10. Penna L. G., Pinheiro J. P., Ramalho S. H. R., Ribeiro C. F. (2021), “Effects of aerobic physical exercise on neuroplasticity after stroke: systematic review”, *Arquivos de neuro-psiquiatria*, vol. 79, no. 9, pp. 832–843, DOI 10.1590/0004-282x-anp-2020-0551.

11. Faria C. D. A., Alves H. V. D., Charchat-Fichman H. (2015), “The most frequently used tests for assessing executive functions in aging”, *Dementia & neuropsychologia*, vol. 9, no. 2, pp. 149–155.

12. Berch D. B., Krikorian R., Huha E. M. (1998), “The Corsi block-tapping task: Methodological and theoretical considerations”, *Brain and cognition*, V. 38, No 3, pp. 317–338, DOI 10.1006/breg.1998.1039.

13. Friedman N. P., Miyake A. (2017), “Unity and diversity of executive functions: Individual differences as a window on cognitive structure”, *Cortex*, V. 86, pp. 186–204, DOI 10.1016/j.cortex.2016.04.023.

14. Joseph K. L., Dagfinrud H., Christie A., Hagen K. B., Tveter A. T. (2021), “Criterion validity of The International Physical Activity Questionnaire-Short Form (IPAQ-SF) for use in clinical practice in patients with osteoarthritis”, *BMC musculoskeletal disorders*, V. 22, pp. 1–9, DOI 10.1186/s12891-021-04069-z.

**Информация об авторах:**

**Тихомиров Р.В.**, аспирант, преподаватель кафедры теории и методики физического воспитания, ORCID: 0009-0001-3066-5965, SPIN-код 6373-0866.

*Поступила в редакцию 23.04.2025.*

*Принята к публикации 23.08.2025.*