

ФУНКЦИЯ ТОРМОЗНОГО КОНТРОЛЯ У ДОШКОЛЬНИКОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ РАЗНЫМИ ВИДАМИ СПОРТА

**М.П. ШЕСТАКОВ, Т.Ф. АБРАМОВА,
Н.А. ЕРЕМИЧ, Т.М. НИКИТИНА,
А.В. ПОЛФУНТИКОВА, Е.А. СИГОВ,
Н.М. ЯКУТОВИЧ,
ФГБУ ФНЦ ВНИИФК, г. Москва**

Аннотация

В статье представлены результаты исследования одной из составных частей управляющих функций – тормозного контроля. Исследование проводилось среди дошкольников 5–7 лет, занимающихся открытыми (футбол, хоккей с шайбой) и закрытыми (гимнастика, горные лыжи) видами спорта. Целью исследования было определение влияния возраста, вида спорта и стажа занятий на функцию тормозного контроля при выполнении двигательных действий у детей 5–7 лет. В обследовании участвовал 291 ребенок: 5 лет ($n = 45$), 6 лет ($n = 141$) и 7 лет ($n = 104$), в том числе занимающихся гимнастикой и горными лыжами ($n = 47$), футболом и хоккеем с шайбой ($n = 135$); а также 42 ребенка, не занимающихся спортом. В результате исследования установлено, что у занимающихся различными видами спорта и не занимающихся спортом детей наблюдается значительное влияние ($p < 0,0001$) возрастного фактора на все исследуемые показатели, связанные с тормозным контролем. Определено, что фактор «занятия спортом» взаимосвязан ($p < 0,01$) с показателями когнитивных и психофизиологических особенностей, а также с проявлением двигательного навыка управления своим телом ($p < 0,05$). По данным проведенного дисперсионного анализа показано, что вид спорта оказывает влияние на показатели, связанные с тормозным контролем. Помимо фактора занятия выбранным видом спорта, существенную роль играет стаж занятий. Полученные в исследовании данные свидетельствуют о том, что задачи тормозного контроля в раннем детстве требуют активации других компонентов управляющих функций – рабочей памяти и когнитивной гибкости.

Ключевые слова: управляющие функции, тормозной контроль, дошкольники, открытые и закрытые виды спорта.

INHIBITORY CONTROL IN PRESCHOOL CHILDREN TRAINING IN VARIOUS SPORTS

**M.P. SHESTAKOV, T.F. ABRAMOVA,
N.A. EREMICH, T.M. NIKITINA,
A.V. POLFUNKTIKOVA, E.A. SIGOV,
N.M. YAKUTOVICH,
VNIIFK, Moscow city**

Abstract

The article presents the results of a study of one of the components of executive functions – inhibitory control. The study was conducted among preschool children aged 5–7 years, involved in open (football, ice hockey) and indoor (gymnastics, alpine skiing) sports. The purpose of the study was to determine the mutual influence of age, sport, and length of service on the inhibitory control function when performing motor actions in children aged 5–7 years. The survey involved 291 children: 5 years old ($n = 45$), 6 years old ($n = 141$), and 7 years old ($n = 104$), including those involved in gymnastics and alpine skiing ($n = 47$), football, and ice hockey ($n = 135$), as well as 42 children not involved in sports. As a result of the study, it was found that in children involved in various sports and those not involved in them, the age factor has a significant influence ($p < 0.0001$) on all the studied indicators associated with inhibitory control. It was determined that the “sports” factor is interconnected with cognitive and psychophysiological indicators ($p < 0.01$), as well as the manifestation of motor skills in controlling one’s body ($p < 0.05$). According to the conducted analysis of variance, it was shown that the type of sport influences the indicators associated with inhibitory control. In addition to the factor of engaging in the chosen type of sport, the length of training plays a significant role. The data obtained in this study suggest that inhibitory control tasks in early childhood require the activation of other components of executive functions.

Keywords: executive functions, inhibitory control, preschoolers, outdoor and indoor sports.



Введение

Тормозной (ингибиторный) контроль (ТК) – это составная часть управляющих функций, которые связаны с управлением вниманием, поведением, мыслями и эмоциями для преодоления сильной внутренней предвзятости или отвлекающих внешних стимулов [1], что позволяет человеку принимать наиболее подходящие меры реагирования в определенном контексте [2]. Тормозной контроль относится к способности подавлять доминантные действия, когда они вряд ли приведут к ценным результатам [3].

В ранее проведенных исследованиях было высказано предположение, что тормозной контроль быстро развивается в дошкольном возрасте и продолжает развиваться в течение всего детства [4].

Исследования последовательно демонстрируют, что дошкольные годы являются периодом развития, в течение которого дети испытывают рост своей способности подавлять нежелательную реакцию [5].

Однако, когда внимание сосредоточено на изучении тормозного контроля, некоторые авторы указывают, что литература по-прежнему скудна относительно того, можно ли и как улучшить производительность тормозного контроля с помощью воздействия двигательных упражнений [6]. В этой связи можно выделить двигательный тормозной контроль, который относится к способности останавливать запланированные или текущие двигательные реакции [7].

Тормозной контроль, который описывается как ключевой компонент управляющих функций, по-видимому, имеет большое значение для спортивных результатов [8, 9]. Можно предположить, что ТК стимулируется по-разному в зависимости от вида спорта и пространственно-временных требований.

В наших работах, связанных с ранними занятиями спортом, мы пользуемся классификацией, разделяющей виды спорта на открытые и закрытые [10, 11]. В открытых видах спорта спортсмены выступают в динамически меняющейся, непредсказуемой и внешне изменчивой среде, адаптируя свои действия к внешним стимулам. Напротив, закрытые виды спорта характеризуются относительно постоянной, предсказуемой и самостоятельно изменяемой средой, в которой двигательные действия являются повторяющимися и предопределенными конкретным шаблоном. В детстве дети делают выбор по участию и тренировкам в открытых или закрытых видах спорта. Следовательно, из-за различных требований открытых и закрытых видов спорта этот выбор может повлиять как на их физическую подготовленность, так и на когнитивное развитие.

Целью исследования было определение влияния: а) возраста и занятия/незанятия спортом; б) вида спорта и стажа занятий на особенности проявления двигательного тормозного контроля при выполнении движений у детей 5–7 лет.

В исследовании предполагалось, что систематические занятия спортом приводят к улучшению показателей двигательного тормозного контроля. Также проверялась гипотеза, что дети, занимающиеся открытыми видами спорта, будут демонстрировать более высокий уровень сформированности тормозного контроля, чем те, кто занимается закрытыми видами спорта.

Материалы и методы исследования

В обследовании участвовало 290 детей: 5 лет ($n = 45$), 6 лет ($n = 141$) и 7 лет ($n = 104$), в том числе спортсмены, занимающиеся гимнастикой, горными лыжами ($n = 47$), футболом и хоккеем с шайбой ($n = 135$), а также 42 ребенка, не занимающиеся спортом. После ознакомления с программой, задачами и организацией обследования родители дали письменное согласие на проведение обследований.

В качестве двигательного теста, в котором можно оценивать способность испытуемого выполнять перестроение начатого целенаправленного движения, был выбран тест «Челночный бег 3×10 м». При выполнении теста спортсмену предлагалось преодолеть три раза дистанцию в 10 м. Тестируемый от старта добежал до отметки «10 м», делал разворот в обратном направлении, добежал до линии старта, разворачивался и финишировал на 10-метровой отметке. Хронометрирование в тесте про бегаия каждых 10 м осуществлялось с применением портативной системы «Witty System» (Microgate, USA) [12].

Психомоторные стандартизированные тестирования проводились для оценки психофизиологических особенностей развития детей и включали тест «Реакция на движущийся объект» (РДО), предназначенный для измерения уравновешенности нервных процессов, т.е. степени сбалансированности процессов возбуждения и торможения по силе [13]. На экране монитора изображена окружность диаметром 9 см, на которой в различных точках находятся две отметки, меняющие положение от предъявления к предъявлению движущегося объекта. От первой отметки по часовой стрелке с определенной скоростью происходит заливка окружности. Обследуемому необходимо нажать на кнопку зрительно-моторного анализатора в тот момент, когда заливка достигнет второй отметки. Оценивается (%) количество точных реакций, соотношение частоты реакций торможения и опережения.

Когнитивное развитие оценивалось в тесте «Корректурная проба Бурдона». По результатам теста рассчитывались объем и точность внимания [14].

В качестве лабораторного двигательного теста применялась проба «Тест со ступенчатым воздействием», выполняемая на основе инструментальной методики (стабилоанализатор «Стабилан-01») с биологической обратной связью (ОКБ «Ритм», г. Таганрог) [15]. В данном тесте испытуемый, стоя на платформе в исходном положении, на экране видит мишень, которая движется вверх и вниз. В центре мишени находится красный маркер, отображающий центр давления тела. Двигательное задание заключалось в своевременном реагировании на изменение положения мишени и как можно более быстром возвращении маркера в центр мишени путем наклона туловища в голеностопных суставах без движения в других суставах. Выполнялось по 6 попыток, на основе которых вычислялись средние значения времени реакции, амплитуды движения, отклонения от цели и скорости движения.

Программа обследования и методика его проведения соответствовали положениям Хельсинской декларации и были одобрены Этической комиссией ФГБУ ФНЦ ВНИИФК (№ 3.23) от 24.10.2023.



Статистическая обработка полученного материала выполнялась в среде с использованием пакетов “ggplot2-ru”, “dplyr”, “ggprism” и “rstatix”.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты некоторых исследований [16, 17] показали незначительные изменения контроля торможения у здоровых подростков под воздействием эффекта систематических упражнений в этой популяции. Эти результаты противоречат таким исследованиям [18], где не было обнаружено никаких существенных эффектов на тормозной контроль после применения программ физической активности у детей. Авторы предполагают, что незначительность влияния может быть связана с тем, что ТК находится на ранних стадиях развития в дошкольном возрасте [19].

В нашем исследовании при сравнении характеристик детей с применением двухфакторного дисперсионного анализа установлено, что у занимающихся различными видами спорта и детей, не охваченных систематическими тренировками, возрастной фактор оказывает значительное влияние ($p < 0,0001$) на все исследуемые показатели, включая двигательные (полевые и лабораторные), когнитивные и психофизиологические тесты.

Стоит обратить внимание, что фактор «занятия спортом» взаимосвязан с показателями когнитивных ($F = 7,775$; $Pr(>F) = 0,0057$; $p < 0,001$) (рис. 1, слева) и психофизиологических показателей ($F = 4,04$; $Pr(>F) = 0,0453$; $p < 0,01$) (рис. 1, справа). Эти данные можно интерпретировать как причину эффекта тренировки, связанного с более высоким уровнем ТК у детей-спортсменов, в отличие от мнения, что лучшие проявления когнитивных способностей, в данном случае ТК, определяют спортивные результаты. Также занятия спортом имеют достоверное влияние на проявление двигательного навыка в лабораторном тесте на точностное управление своим телом ($F = 3,08$; $Pr(>F) = 0,0803$; $p < 0,05$). При этом получено недостоверное ($p > 0,05$) взаимовлияние совместного сочетания факторов «возраст» и «занятия спортом». Полученные данные в этом разделе исследования в сочетании с ранее опубликованными результатами о роли рабочей памяти [20] позволяют сделать предположение, что сам по себе ТК не может служить самостоятельным элементом интерпретации при сравнительном анализе выполнения сложных движений у дошкольников, занимающихся и не занимающихся спортом. Это предположение также подтверждается ранее проведенными исследованиями [21].

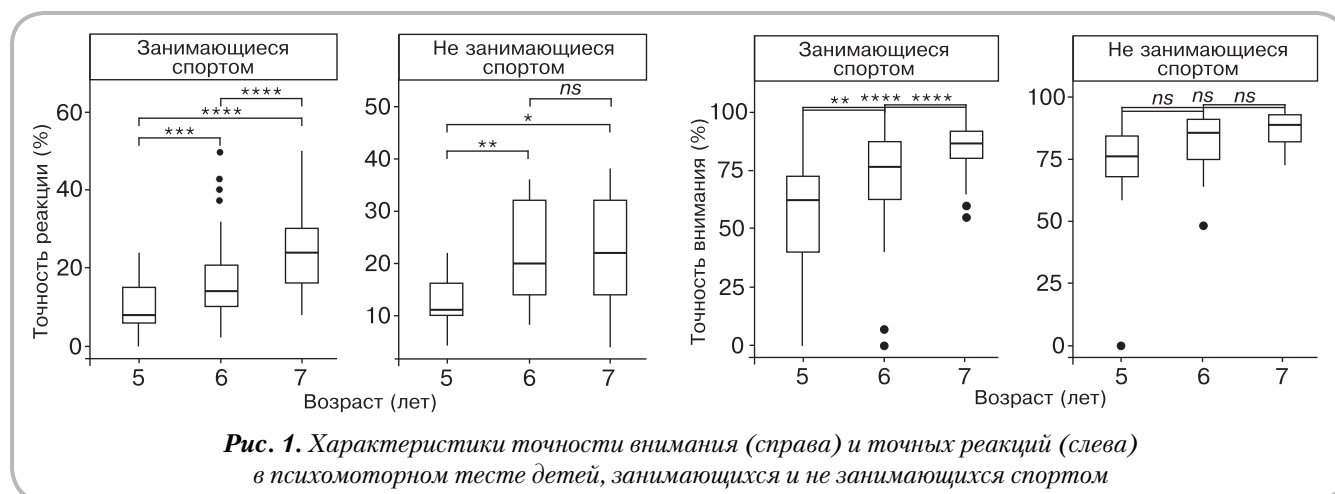


Рис. 1. Характеристики точности внимания (справа) и точных реакций (слева) в психомоторном тесте детей, занимающихся и не занимающихся спортом

Примечание для рис. 1–3:

*** – достоверность 0,001; ** – достоверность 0,01; * – достоверность 0,05;
ns – отсутствие достоверности различий.

Однако несколько ключевых вопросов остаются нерешенными, например, взаимосвязи и структурная организация управляющих функций в целом, а также между предполагаемыми различными процессами ТК и их связь с рабочей памятью в частности [1].

Для решения второй задачи исследования – выявление особенностей ТК у спортсменов, занимающихся различными видами спорта, был проведен двухфакторный дисперсионный анализ с факторами «вид спорта» и «стаж занятий». Для анализа из всей выборки участников исследования были отобраны дети 5–7 лет, не менее года занимающиеся открытыми (футбол, хоккей с шайбой, $n = 135$) и закрытыми (гимнастика, горные лыжи, $n = 48$) видами спорта.

По данным проведенного двухфакторного дисперсионного анализа, показано, что вид спорта оказывает

влияние на показатели, связанные с ТК. Дети, тренирующиеся в открытых видах спорта, в нашем исследовании демонстрируют в лабораторных испытаниях более высокие показатели ТК, чем дети, выбравшие занятия закрытыми видами спорта. Об этом можно судить по достоверной взаимосвязи вида спорта и параметра точности внимания ($F = 2,889$; $Pr(>F) = 0,0909$; $p < 0,05$) (рис. 2, слева), а также вида спорта и точных реакций в психомоторном тесте ($F = 5,316$; $Pr(>F) = 0,02229$; $p < 0,01$) (рис. 2, справа). Другие когнитивные и психофизиологические показатели не демонстрируют достоверных различий ($p > 0,05$) между анализируемыми группами детей-спортсменов. Наши результаты подтвердили ранее полученные данные [17] о том, что в задачах исследования управляющих функций воздействие занятий физической активностью улучшает только по-



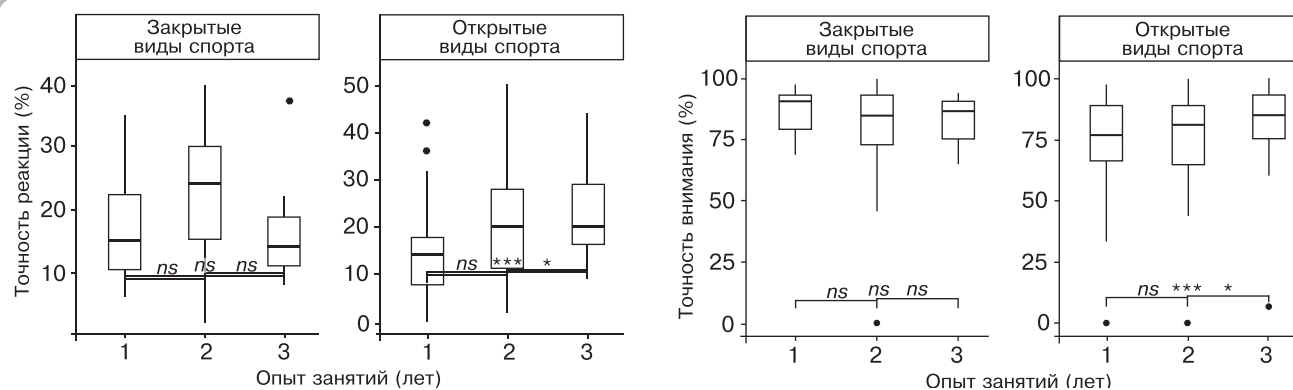


Рис. 2. Характеристики точности внимания (справа) и точных реакций (слева) в психомоторном тесте детей, занимающихся открытыми и закрытыми видами спорта

казатели точности. Объяснение этих авторов состояло в том, что дети могут быть не в состоянии независимо контролировать точность и другие показатели в ответ на сигнал, но они могут контролировать компромиссы между скоростью и точностью. Следовательно, точность (сенсорная производительность) может быть улучшена без сокращения времени реакции (моторная реакция). Интересно, что достоверной совместной взаимосвязи трех переменных – вида спорта, стажа занятий и показателей тормозной функции – нами не обнаружено. Можно предположить, что разница в проявлениях тормозной функции при тестировании психологических проявлений объясняется различием экспериментальных условий – изолированно в лабораторных условиях по сравнению с полевым тестированием с использованием двигательных заданий.

достоверное взаимовлияние трех переменных: вида спорта, спортивного стажа и результатов преодоления первых 10 м ($F = 3,077$; $Pr(>F) = 0,0811$; $p < 0,05$) и вторых 10 м ($F = 4,084$; $Pr(>F) = 0,0448$; $p < 0,01$) в челночном тесте, то есть в ситуации со сменой направления бега.

Несмотря на небольшое количество публикаций, в которых исследуется связь между тормозным контролем и практикой спорта, их результаты указывают на то, что сам эффект от занятий спортом, будь то спорт с открытыми или закрытыми навыками, может улучшить ТК в аналогичной степени. Выполнение двигательного теста в челночном беге показывает, что помимо фактора занятий выбранным видом спорта существенную роль играет стаж занятий. Коротко говоря, чем больше продолжительность процесса занятий (тренировок), тем больше функция ТК связана с ним [22].

Эти результаты доказывают, что выявление различий в показателях ТК при выполнении двигательных заданий возможно только после нескольких лет спортивной практики. Однако расхождения между результатами указывают на то, что количество лет практики не может быть единственным фактором, влияющим на производительность ТК [23].

Выводы

Наши данные подтверждают концепцию, согласно которой когнитивные требования при выполнении сложных двигательных действий могут способствовать объяснению благотворного влияния физических упражнений на тормозной контроль.

Экспериментальные данные показали, что дети 5–7 лет, занимающиеся открытыми видами спорта, по-видимому, демонстрируют более высокий уровень двигательной подготовленности и сформированности тормозного контроля, чем дети, тренирующиеся в закрытых видах спорта. Полученные результаты совпадают по большинству позиций с ранее опубликованными данными исследований тормозного контроля детей дошкольного возраста.

Также полученные результаты свидетельствуют о том, что такая задача тормозного контроля, как способность подавлять доминантную автоматическую реакцию, в раннем детстве требует одновременной активации других

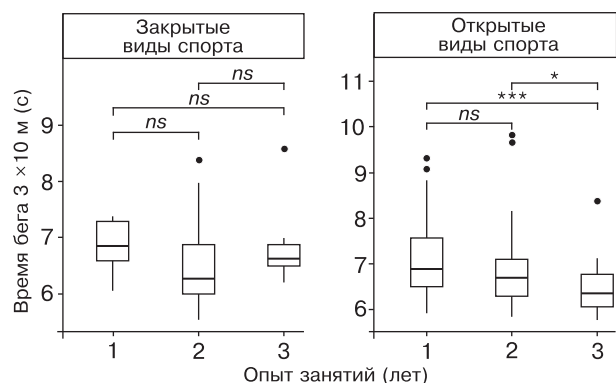


Рис. 3. Сравнение данных по результатам челночного бега 3 × 10 м

За выполнение действий по подготовке и смене направления движений в челночном тесте в значительной степени отвечает функция ТК. Совместное влияние двух факторов – вида спорта и длительности занятий (спортивного стажа) – определяет лучшие результаты в задачах смены направления у детей группы игровых видов спорта по сравнению с представителями закрытых видов спорта (рис. 3). Взаимовлияние двух переменных – спортивного стажа и времени выполнения челночного теста 3 × 10 м – демонстрирует достоверность на уровне $p < 0,0001$ ($F = 11,878$; $Pr(>F) = 0,000708$). При этом установлено



компонентов управляющих функций. В более позднем возрасте эта когнитивная способность довольно сильно отличается от других фундаментальных когнитивных

способностей, таких как внимание и рабочая память; однако многочисленные исследования показывают, что в раннем детстве эти различия менее четкие [4, 24].

Работа выполнена в рамках государственного задания
ФГБУ ФНЦ ВНИИФК № 777-00001-24-00
(код темы № 001-24/1), утвержденного Минспортом России
26 декабря 2023 года

Литература/References

1. Diamond, A. (2013), Executive functions, *Annu. Rev. Psychol.*, 64, pp. 135–168, DOI: 10.1146/annurev-psych-113011-143750
2. Amatriain-Fernández, S., Ezquerro García-Noblejas, M. and Budde, H. (2021), Effects of chronic exercise on the inhibitory control of children and adolescents: A systematic review and meta-analysis, *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 31, pp. 1196–1208.
3. Bari, A. and Trevor, W.R. (2013), Inhibition and impulsivity: behavioral and neural basis of response control, *Progress in Neurobiology*, vol. 108, pp. 44–79, DOI: 10.1016/j.pneurobio.2013.06.005
4. Zelazo, P.D. and Carlson, S.M. (2012), Hot and cool executive function in childhood and adolescence: development and plasticity, *Child Dev. Perspect.*, 6 (4), pp. 354–360.
5. Reck, S.G. and Hund, A.M. (2011), Sustained attention and age predict inhibitory control during early childhood, *Journal of Experimental Child Psychology*, 108 (3), pp. 504–512.
6. Berkman, E.T., Kahn, L.E. and Merchant, J.S. (2014), Training-induced changes in inhibitory control network activity, *J. Neurosci.*, 34 (1), pp. 149–157.
7. Aron, A.R., Robbins, T.W. and Poldrack, R.A. (2014), Inhibition and the right inferior frontal cortex: one decade on, *Trends Cogn. Sci.*, 18 (4), pp. 177–185, DOI: 10.1016/j.tics.2013.12.003
8. Verburch, L., Königs, M., Scherder, E.J. and Oosterlaan J. (2014), Physical exercise and executive functions in preadolescent children, adolescents and young adults: a meta-analysis, *Br. J. Sports Med.*, 48 (12), pp. 973–979, DOI: 10.1136/bjsports-2012-091441
9. Vestberg, T., Reinebo, G., Maurex, L., Ingvar, M. and Petrovic, P. (2017), Core executive functions are associated with success in young elite soccer players, *PLoS One*, 12 (2): e0170845, DOI: 10.1371/journal.pone.0170845
10. Gu, Q., Zou, L., Loprinzi, P.D., Quan, M. and Huang, T. (2019), Effects of open versus closed skill exercise on cognitive function: a systematic review, *Front. Psychol.*, 10, 1707.
11. Formenti, D., Trecroci, A., Duca, M. et al. (2021), Differences in inhibitory control and motor fitness in children practicing open and closed skill sports, *Sci. Rep.*, 11 (1), pp. 4033–4043, DOI: 10.1038/s41598-021-82698-z
12. Altmann, S., Hoffmann, M., Kurz, G., Neumann, R., Woll, A. and Haertel, S. (2015), Different starting distances affect 5-m sprint times, *J. Strength Cond. Res.*, Aug; 29 (8), pp. 2361–6, DOI: 10.1519/JSC.0000000000000865
13. Mantrova, I.N. (2013), *Metodicheskoe rukovodstvo po psihofiziologicheskoy i psihologicheskoy diagnostike*, Ivanovo: OOO Neyrosoft, 216 p.
14. Druzhinin, V.N. and Ushakov, D.V. (2002), *Kognitivnaya psihologiya*, Moscow: PERSE, 480 p.
15. Shestakov, M.P. (2023), *Percepciya sportivnyh dvizheniy: monografiya*, Taganrog: Izd-vo YuFU, 334 p.
16. Xue, Y., Yang, Y. and Huang, T. (2019), Effects of chronic exercise interventions on executive function among children and adolescents: A systematic review with meta-analysis, *Br. J. Sports Med.*, 53, pp. 1397–1404.
17. Álvarez-Bueno, C., Pesce, C., Caverro-Redondo, I., Sánchez-López, M., Martínez-Hortelano, J.A. and Martínez-Vizcaino, V. (2017), The Effect of Physical Activity Interventions on Children's Cognition and Metacognition: A Systematic Review and Meta-Analysis, *J. Am. Acad. Child. Adolesc. Psychiatry*, 56, pp. 729–738.
18. De Greeff, Johannes, W. et al. (2018), Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: a meta-analysis, *Journal of Science and Medicine in Sport*, vol. 21, no. 5, pp. 501–507, DOI: 10.1016/j.jsams.2017.09.595
19. Davidson, M., Amso, D., Anderson, L. and Diamond, A. (2006), Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching, *Neuropsychologia*, 44, pp. 2037–2078.
20. Shestakov, M.P., Abramova, T.F., Eremich, N.A., Nikitina, T.M., Polfuntikova, A.V., Sigov, E.A. and Yakutovich N.M. (2024), Zritel'no-prostranstvennaya rabochaya pamyat' doskol'nikov, zanimayushchikhsya raznymi vidami sporta, *Vestnik sportivnoy nauki*, no. 6, pp. 31–36.
21. Merz, E.C., McCall, R.B., Wright, A.J. and Luna, B. (2013), Inhibitory control and working memory in post-institutionalized children, *Journal of Abnormal Child Psychology*, 41 (6), pp. 879–890, <https://doi.org/10.1007/s10802-013-9737-9>
22. Furlay, P. and Wood, G. (2016), Working memory, attentional control, and expertise in sports: A review of current literature and directions for future research, *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 5 (4), pp. 415–425, <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2016.05.001>
23. Liao, K.-F., Meng, F.-W. and Chen, Y.-L. (2017), The relationship between action inhibition and athletic performance in elite badminton players and non-athletes, *Journal of Human Sport & Exercise*, 12 (3), pp. 574–581, <https://doi.org/10.14198/jhse.2017.123.02>
24. Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, M.J., Witzki, A.H., Howerter, A. and 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.

