

ЗРИТЕЛЬНО-ПРОСТРАНСТВЕННАЯ РАБОЧАЯ ПАМЯТЬ 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 рабочей памяти дошкольников 5–7 лет, занимающихся открытыми (футбол, хоккей с шайбой) и закрытыми (гимнастика, горные лыжи) видами спорта. Цель исследования: определить влияние возраста, двигательной активности и вида спорта на проявление рабочей памяти при выполнении движений у детей 5–7 лет. Обследовано 327 детей 5 лет (n = 55), 6 лет (n = 153) и 7 лет (n = 119), в том числе занимающихся гимнастикой и горными лыжами (n = 65), футболом и хоккеем с шайбой (n = 211); 46 детей, не занимающихся спортом. Применялись тесты: на дифференциацию усилий – прыжок в длину с места на 50, 75 и 25% от максимальной величины прыжка; «Треугольник» – по программе стабиланализатора «Стабилан-01» с биологической обратной связью; «Цветные прогрессивные матрицы Дж. Равена», модифицированные для детей младшего возраста. В процессе исследования выявлено, что возраст дошкольников не оказывает влияния на связь между рабочей памятью и выполнением движений. Раннее начало занятий в дошкольном возрасте по освоению базовых навыков посредством целенаправленных тренировок определенной спортивной специализации положительно влияет на зрительно-пространственную рабочую память. Влияние вида спорта на ее формирование определяется контекстной зависимостью рабочей памяти от специфики видов спорта, связанной с опорой на пространственную информацию в открытых видах спорта и временную информацию для спортсменов закрытого типа видов спорта.

Ключевые слова: рабочая память, дошкольники, открытые и закрытые виды спорта.

VISUAL-SPATIAL WORKING MEMORY OF PRESCHOOL CHILDREN TRAINING IN DIFFERENT TYPES OF SPORTS

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

Abstract

The article presents the results of a study of working memory in preschool children aged 5–7 years engaged in open (football, ice hockey) and closed (gymnastics, alpine skiing) sports. Purpose of the study: to determine the influence of age, motor activity, and type of sport on the manifestation of working memory in the performance of movements in children 5–7 years old. 327 children aged 5 years (n = 55), 6 years (n = 153), and 7 years (n = 119), including children engaged in gymnastics and alpine skiing (n = 65) and football and ice hockey (n = 211); 46 children not engaged in sports were examined. The following tests were used: effort differentiation test – long jump from a place at 50%, 75% and 25% of the maximum jump value; Triangle test according to the program of 'Stabilan-01' stability analyser with biofeedback; 'J. Raven's coloured progressive matrices' test modified for young children. Results. It was revealed that age had no influence on the relationship between working memory and movement performance in preschool children; an earlier beginning of preschool classes on mastering basic skills through purposeful training in a certain sport specialization positively influences visual-spatial working memory; the influence of sport type on the formation of visual-spatial working memory is determined by the context dependence of working memory on the specifics of sports, associated with the reliance on spatial information in open sports.

Keywords: working memory, preschoolers, outdoor and indoor sports.



Введение

Идея о том, что когнитивное и моторное развитие тесно переплетены, восходит к ранним теориям развития [12, 23]. Например, Пиаже утверждал, что возникновение когнитивных навыков основано на сенсомоторном опыте. Управляющие функции (УФ) – это процессы управления сознательной деятельностью, которые помогают нам регулировать наши мысли и поведение [22]. Этот набор навыков имеет решающее значение для здоровья и качества жизни, повседневной деятельности, успешности в учебе, работе и спорте [3].

В целях работы УФ рассматриваются как когнитивные процессы, определяющие выбор, планирование, координацию и мониторинг сложных целенаправленных процессов [26]. В этом определении УФ обычно включают три основных компонента: тормозящий контроль (способность поддерживать фокус внимания и подавлять доминантные или автоматические реакции), рабочую память (сохранение и обновление информации) и смещение или когнитивную гибкость (способность переключать внимание на меняющиеся требования задачи, в том числе при выполнении двигательных действий) [7].

Было показано, что занятия физической активностью улучшают управляющие функции [29]. В этой связи высказано предположение, что это может происходить посредством ряда нейробиологических, психосоциальных и поведенческих механизмов [27]. Есть доказательства, что двигательная компетентность и УФ могут развиваться схожими путями [11], это позволяет предполагать, что развитие двигательной компетентности может объяснить влияние физической активности на управляющие функции. За развитие двигательной компетентности и УФ в детстве частично ответственны одни и те же корковые и подкорковые области мозга, образующие функциональные нейронные сети, включая префронтальную кору, мозжечок и базальные ганглии [11]. Вероятно, существует взаимодействие между управляющими функциями и приобретением и эффективностью двигательных навыков, т.е. более эффективное управляющее функционирование может привести к реализации сложных или новых спортивных навыков.

Тем не менее ограниченное количество исследований взаимосвязи управляющих функций и развития двигательных навыков в детском возрасте представляет противоречивые данные и выводы. При этом виды спорта различаются на «закрытые» и «открытые». К открытым относят виды, где процесс выполнения движения определяется способностью к изменениям, что характерно для командных игровых видов спорта. Закрытые виды, напротив, ассоциируются со стабильными и предсказуемыми условиями действия, повторяемостью движения, где успех основан больше на совершенствовании и последовательности техники, чем на быстром принятии решений в ответ на динамичные игровые состояния, например, плавание, бег и гимнастика. В этой связи некоторые исследователи сообщают о лучших результатах тестов УФ у детей, занимающихся открытыми видами спорта, относительно сверстников из закрытых видов спорта [10]. Напротив, другие исследователи свидетельствуют о том, что дети, занимающиеся различными вида-

ми спорта, имеют одинаковый уровень УФ [24]. В статье будет рассмотрен только один компонент УФ – рабочая память (РП). В работе РП используется для обозначения гипотетической когнитивной системы, ответственной за обеспечение доступа к информации, необходимой для текущих когнитивных процессов [13]. Более точно была рассмотрена зрительно-пространственная информация, хранящаяся в «зрительно-пространственном блокноте» [5] и наиболее востребованная при управлении спортивными движениями. Обзор Seidler R.D. et al. [25] показал, что зрительно-пространственная РП необходима во время двигательной адаптации и последовательности движений.

Рабочая память – это основная управляющая функция кратковременного хранения, удержания и манипулирования перцептивной информацией [19]; она является основой для более высоких уровней когнитивной деятельности, таких как расчет, рассуждение и понимание, и имеет решающее значение в когнитивных областях, включая планирование, обучение навыкам и принятие решений [9, 16, 18].

Термин «рабочая память» был впервые введен Миллером с соавторами в 1960 г. [21]. Модель рабочей памяти постулировала, что, в отличие от упрощенных функций кратковременной памяти по хранению информации, рабочая память представляет собой многокомпонентную систему, которая управляет хранением информации.

Из наиболее известных и широко цитируемых в литературе многокомпонентных моделей РП, несомненно, является модель Бэддели и Хитч [5]. В основе модели лежит центральный исполнительный орган – система, отвечающая за ряд регулирующих функций, включая внимание, контроль действий и принятие решений [4]. Поскольку исследования развития РП в основном сосредоточены на изменениях, происходящих внутри отдельных компонентов модели, об организации системы в целом и о возрастной изменчивости известно мало.

Цель исследования: определить влияние возраста, двигательной активности и вида спорта на проявление рабочей памяти при выполнении движений у детей 5–7 лет.

Материалы и методы исследования

Участниками обследования были 327 детей: 5 лет ($n = 55$), 6 лет ($n = 153$) и 7 лет ($n = 119$), в том числе спортсмены, занимающиеся гимнастикой и горными лыжами ($n = 65$), футболом и хоккеем с шайбой ($n = 211$); а также 46 не занимающихся спортом детей, посещающих дошкольные образовательные учреждения. После ознакомления с программой, задачами и организацией обследования родители дали письменное согласие на проведение обследований.

В качестве двигательного теста была выбрана процедура выполнения не менее трёх раз прыжка в длину с места с установкой достижения максимального результата по стандартной методике. Затем испытуемого просили выполнить прыжок в длину на величину 50, 75 и 25% от лучшего показанного результата. Дифференциация усилий представлялась отклонением от заданной дистанции (%). Результаты теста оценивались по балльной



перцентильной шкале для отклонений от заданного результата с учетом возрастных групп: 1 (менее 10%), 2 (10–25%), 3 (25–75%), 4 (75–90%), 5 (более 90%).

Психологическое тестирование данной части исследования включало получение 5-балльной оценки способности испытуемого к восприятию и обработке зрительно-пространственной информации, получаемой на основе ответов теста «Цветные прогрессивные матрицы Дж. Равена», модифицированного для детей младшего возраста [1, 8].

Оценку кратковременной двигательной памяти осуществляли в тесте «Треугольник», выполняемом на основе инструментальной методики стабиланализатора «Стабилан-01» с биологической обратной связью (ОКБ «Ритм», г. Таганрог) [2]. Тест состоит из двух этапов – обучения и анализа. На этапе обучения испытуемому предлагалось изучить с помощью маркеров движение по заданной треугольной траектории в течение 60 с. На этапе анализа (также в течение 60 с) требовалось вос-

произвести траекторию движения с той же амплитудой и скоростью с закрытыми глазами, т.е. по памяти. Результаты оценивались по сопоставлению данных времени и скорости движения, размеров пространственной фигуры на этапе обучения и анализа.

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

Статистическая обработка полученного материала выполнялась в среде «R-Studio» с использованием пакетов «ggplot2-ru», «dplyr» и «caret».

Результаты исследования и их обсуждение

Для сравнения влияния фактора возраста участвующих в обследовании детей 5–7 лет на переносные, связанные с использованием рабочей зрительно-пространственной памяти, был выполнен однофакторный дисперсионный анализ (табл. 1).

Таблица 1

Результаты однофакторного дисперсионного анализа, отражающие влияние фактора возраста на исследуемые показатели

Показатель	Сумма квадратов	Среднее значение дисперсии	Статистика Фишера	Уровень значимости влияния фактора $Pr > F$
Прыжок в длину с градацией	–0,0051	0,0627	–0,081	0,935
Рабочая память	0,03404	0,04496	0,757	0,453
Ощущение пространства, обучение движению	–2,586	1,894	–1,365	0,173
Ощущение пространства, воспроизведение движения	2,345	2,930	0,80	0,424
Ощущение времени, обучение движению	–0,9214	1,8953	–0,486	0,627
Ощущение времени, воспроизведение движения	1,897	2,421	0,784	0,434

Наши данные показывают отсутствие достоверных различий ($p > 0,05$) по всем показателям между группами дошкольников 5, 6 и 7 лет, что говорит об отсутствии влияния исследуемого возраста на проявление рабочей памяти при выполнении тестовых заданий. Это несколько противоречит данным [6, 15], которые показали устойчивый рост показателей кратковременной памяти от дошкольного до подросткового возраста. Отсутствие влияния возраста в наших исследованиях, возможно, объясняется сравнением детей на коротком промежутке времени.

Несколько исследований показали, что спортсмены демонстрируют более высокие показатели общих когнитивных функций по сравнению с неспортсменами [10]. У спортсменов зрительно-пространственная рабочая память является важнейшей функцией немедленного реагирования на каждую ситуацию и опыт. Соответственно, можно предположить наличие различий в участии рабочей памяти между занимающимися и не занимающимися спортом детьми. Оценку влияния занятий спортом на проявление рабочей памяти проводили с помощью однофакторного дисперсионного анализа, в котором независимой переменной являлся фактор занятия спортом, а зависимые переменные были связаны с участием рабочей памяти при выполнении тестовых процедур (табл. 2).

Результаты исследования демонстрируют высокую степень влияния ($p < 0,01$) занятий спортом на проявление рабочей памяти. Тем не менее существенного проявления этой разницы в двигательных тестах между детьми в двух группах не отмечается. Можно думать, что в анализируемом возрасте (5–7 лет) основной задачей детей при занятиях спортом является ознакомление с базовыми основами движений в избранных видах спорта. В этом случае активность рабочей памяти высокая, но этого недостаточно для полноценного использования в предлагаемых в обследованиях тестах.

Влияние тренировочных программ на когнитивные функции спортсмена может варьироваться в зависимости от вида спорта. Возникает вопрос: влияет ли вид спорта на различия в зрительно-пространственной рабочей памяти у детей в первые годы занятий или требуется значительный тренировочный стаж?

Из участников обследования выбрали детей, у которых стаж занятий спортом составлял более 1 года. Был проведен двухфакторный дисперсионный анализ между спортсменами 5–7 лет, разделенными на две группы по видам спорта: открытые (футбол и хоккей на льду) и закрытые (гимнастика, горные лыжи). Результаты влияния факторов возраста, проявления зрительно-пространственных способностей и вида спорта на исследуемые показатели представлены в табл. 3.



Таблица 2

**Результаты однофакторного дисперсионного анализа,
отражающие влияние фактора занятий спортом на исследуемые показатели**

Показатель	Сумма квадратов	Среднее значение дисперсии	Статистика Фишера	Уровень значимости влияния фактора дисперсии $Pr > F$
Прыжок в длину с градацией	-0,03505	0,03128	-1,12	0,263
Рабочая память	0,13685	0,02116	6,466	3,71e-05**
Ощущение пространства, обучение движению	-0,1428	0,9492	-0,15	0,881
Ощущение пространства, воспроизведение движения	-0,7866	1,4648	-0,537	0,592
Ощущение времени, обучение движению	-0,8090	0,9464	-0,855	0,393
Ощущение времени, воспроизведение движения	-1,920	1,206	-1,592	0,112

** Уровень значимости: 0,01.

Таблица 3

**Результаты двухфакторного дисперсионного анализа,
отражающие влияние факторов возраста, зрительно-пространственных способностей (ЗПС)
и вида спортивных занятий на исследуемые показатели**

Показатель	Фактор	Сумма квадратов	Среднее значение дисперсии	Статистика Фишера	Уровень значимости влияния фактора дисперсии $Pr > F$
Кратковременная память	Вид спорта	5,29	5,59	18,956	2,22e-05**
	Возраст	0,23	0,227	0,814	0,368
	Возраст: вид спорта	0,1440	0,135	0,485	0,487
Ощущение пространства, обучение движению	Вид спорта	41,601	19,647	2,117	0,0356**
	ЗПС	27,414	11,619	2,359	0,0194**
	ЗПС: вид спорта	-13,682	6,328	-2,162	0,0319**
Ощущение времени, обучение движению	Вид спорта	1638	1637,6	3,057	0,0821*
	ЗПС	297	297,2	0,555	0,4573
	ЗПС: вид спорта	187	187,1	0,349	0,5552

Уровень значимости: ** – 0,01; * – 0,05.

Результаты показывают, что вид спорта оказывает достоверное влияние ($p < 0,01$) на базовую модульную структуру рабочей памяти. Следует отметить, что выявленное влияние не связано с возрастом занимающихся. Следовательно, накопление специфического двигательного опыта посредством целенаправленных тренировочных занятий может повлиять на зрительно-пространственную рабочую память спортсменов при самом раннем начале занятий и продолжаться в дальнейшем.

В предыдущих исследованиях гипотеза широкой передачи когнитивных навыков предполагала, что спортсмены улучшают как специфические для спорта [20], так и общие когнитивные функции [17]. В частности, принимая во внимание различные когнитивные потребности некоторых видов спорта и соревновательные характеристики, ожидалось различия у спортсменов открытых и закрытых видов спорта [28]. Наши результаты подтверждают влияние занятий спортом на управляющие функции и представляют дополнительные доказательства изменений, связанных со зрительно-пространственной рабочей памятью.

Установленное различие в модальности информации, в основном используемой для управления движением в ходе выполнения теста на кратковременную зрительно-пространственную ориентацию (табл. 3), выявило преиму-

щественное использование пространственной модальности при обучении движениям у спортсменов открытых видов спорта по сравнению с детьми видов спорта закрытого типа. В противоположность этому, наши экспериментальные данные свидетельствуют о предпочтительном использовании спортсменами закрытых видов спорта временных параметров при управлении движениями, что предполагает опору на чувство времени. Более детальное описание перцептивных особенностей организации пространственной ориентации и чувства времени дано в монографии [2], где рассмотрены нейроанатомические и нейрофизиологические особенности пространственной ориентации и восприятия времени. Отличительные свойства функционирования рабочей памяти различных модальностей предположительно объясняются контекстом их использования (условиями и требованиями видов спорта) и наличием разделения зрительного пространства. В психологии выделяют несколько зон пространства вокруг человека, в том числе: личная зона (от 46 до 120 см), для нее используется термин «периперсональное пространство», которое создает наш мозг вокруг нашего тела для взаимодействия с другими объектами и людьми, и публичная зона (более 360 см) – это пространство, не связанное с конкретным человеком, называется «неличное пространство» [2, 14].



Выводы

Наш главный аргумент о значимости рабочей памяти в формировании спортивных движений заключается в том, что управляющие функции и связанная с ними зрительно-пространственная рабочая память являются необходимым условием для раннего обучения спортивным навыкам детей. Отсутствие влияния возраста на связь между рабочей памятью и выполнением движений во всех рассматриваемых возрастных группах позволяет предположить устойчивое взаимодействие развития функций зрительно-пространственной ориентации и моторной сферы у детей в интервале от 5 до 7 лет.

Раннее начало детьми дошкольного возраста освоения базовых двигательных навыков посредством целе-

направленных тренировочных занятий спортивной специализации определяет дифференцированное развитие зрительно-пространственной рабочей памяти. Дети дошкольного возраста, участвующие в командных, игровых (открытых) видах спорта и индивидуальных (закрытых) видах, существенно различаются по показателям рабочей памяти. Такое различие в управлении движениями в группах определяется контекстной зависимостью рабочей памяти от специфики видов спорта, которая устанавливает приоритет пространственной информации в открытых видах спорта и временной информации для спортсменов видов спорта закрытого типа.

*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. Korneev, A.A., Matveeva, E.Y. and Ahutina, T.V. (2024), Neuropsychological analysis of the structure of Raven's coloured progressive matrix test in children 6–9 years old, *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 14. Psihologiya*, vol. 47, no. 2, pp. 201–218, <https://doi.org/10.11621/LPJ-24-21>
2. Shestakov, M.P. (2023), *Perception of sports movements: a monograph*, Taganrog: Izd-vo YFU, 334 p.
3. Crescioni, A.W.A., Ehrlinger, J., Alquist, J.L., Conlon, K.E., Baumeister, R.F., Schatschneider, C. and Dutton, G.R. (2011), High trait self-control predicts positive health behaviors and success in weight loss, *Journal Health Psychol.*, Jul, 16 (5), 750-9, DOI: 10.1177/1359105310390247
4. Baddeley, A. (1996), *Exploring the central executive, The Quarterly Journal of Experimental Psychology a Human Experimental Psychology*, 49A (1), 5–28, <https://doi.org/10.1080/027249896392784>
5. Baddeley, A.D. and Hitch, G.J. (1994), Developments in the concept of working memory, *Neuropsychology*, 8 (4), 485–493, <https://doi.org/10.1037/0894-4105.8.4.485>
6. Case, R., Kurland, D.M. and Goldberg, J. (1982), Operational efficiency and the growth of short-term memory span, *Journal of Experimental Child Psychology*, 33 (3), 386–404, [https://doi.org/10.1016/0022-0965\(82\)90054-6](https://doi.org/10.1016/0022-0965(82)90054-6)
7. Chueh, T.Y., Huang, C.J., Hsieh, S.S., Chen, K.F., Chang, Y.K. and Hung, T.M. (2017), Sports training enhances visuo-spatial cognition regardless of open-closed typology, *Peer Journal*, no. 5: e3336, DOI: 10.7717/peerj.3336
8. Costa, L.D. (1976), Interest variability on the Raven Coloured Progressive Matrices as an indicator of specific ability deficit in brain-lesioned patients, *Cortex: A Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 12 (1), 31–40, [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(76\)80027-5](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(76)80027-5)
9. Cowan, N. (2008), What are the differences between long-term, short-term, and working memory? *Prog. Brain Res.*, 169, 323–338, DOI: 10.1016/S0079-6123(07)00020-9
10. De Waelle, S., Laureys, F., Lenoir, M., Bennett, S.J. and Deconinck, F.J.A. (2021), Children Involved in Team Sports Show Superior Executive Function Compared to Their Peers Involved in Self-Paced Sports, *Children*, Mar 30, 8 (4), 264–275, DOI: 10.3390/children8040264
11. Diamond, A. (2000), Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal cortex, *Child Dev.*, 71 (1), 44–56.
12. Gesell, A., Thompson, H. and Amatruda, C.S. (Collaborator) (1934), *Infant behavior: Its genesis and growth*, McGraw-Hill Book Company, <https://doi.org/10.1037/11333-000>
13. Holmes, J., Gathercole, S.E. and Dunning, D.L. (2010), Poor working memory: impact and interventions, *Adv. Child Dev. Behav.*, 39, 1–43, DOI: 10.1016/b978-0-12-374748-8.00001-9
14. Holmes, N.P. and Spence, C. (2004), The body schema and the multisensory representation(s) of peripersonal space, *Cogn. Process*, Jun, 5 (2), 94–105, DOI: 10.1007/s10339-004-0013-
15. Isaacs, E.B. and Vargha-Khadem, F. (1989), Differential course of development of spatial and verbal memory span: A normative study, *British Journal of Developmental Psychology*, 7 (4), 377–380, <https://doi.org/10.1111/j.2044-835X.1989.tb00814.x>



16. Isbell, E., Fukuda, K., Neville, H.J. and Vogel, E.K. (2015), Visual working memory continues to develop through adolescence, *Front Psychol.*, May 27, 6, 696–705, DOI: 10.3389/fpsyg.2015.006965
17. Jacobson, J. and Matthaeus, L. (2014), Athletics and executive functioning: how athletic participation and sport type correlate with cognitive performance, *Psychol. Sport Exerc.*, 15, 521–527, DOI: 10.1016/j.psychsport.2014.05.005
18. Li, S., Rosen, M.C., Chang, S., David, S. and Freedman, D.J. (2023), Alterations of neural activity in the prefrontal cortex associated with deficits in working memory performance, *Front. Behav. Neurosci.*, 17, 1–13, DOI: 10.3389/fnbeh.2023.1213435
19. Logie, R.H. and Cowan, N. (2015), Perspectives on working memory: Introduction to the special issue, *Memory & Cognition*, 43 (3), 315–324, <https://doi.org/10.3758/s13421-015-0510-x>
20. Mann, D.T.Y., Williams, A.M., Ward, P. and Janelle, C.M. (2007), Perceptual-cognitive expertise in sport: a meta-analysis, *Journal Sport Exerc. Psychol.*, 29, 457–478.
21. Miller, G.A., Eugene, G. and Pribram, K.H. (2017), Plans and the Structure of Behaviour, *Systems Research for Behavioral Science*, 369–382.
22. Miyake, A. and Friedman, N.P. (2012), The Nature and Organization of Individual Differences in Executive Functions: Four General Conclusions, *Curr. Dir. Psychol. Sci.*, Feb, 21 (1), 8–14, DOI: 10.1177/0963721411429458
23. Piaget, J. (1952), *The origins of intelligence in children*, W.W. Norton & Co, <https://doi.org/10.1037/11494-000>
24. Russo, G., Ottoboni, G., Tessari, A. and Ceciliani, A. (2021), The positive impact of physical activity on working memory abilities: Evidence from a large Italian pre-adolescent sample, *Journal Hum. Sport Exerc.*, 16, 277–288.
25. Seidler, R.D., Bo, J. and Anguera, J.A. (2012), Neurocognitive contributions to motor skill learning: the role of working memory, *Journal Mot. Behav.*, 44 (6), 445–453, DOI: 10.1080/00222895.2012.672348
26. Singer, R.N. (2000), Performance and human factors: considerations about cognition and attention for self-paced and externally-paced events, *Ergonomics*, 43, 1661–1680, DOI:10.1080/001401300750004078
27. Valkenborghs, S.R. et al. (2019), The impact of physical activity on brain structure and function in youth: a systematic review, *Pediatrics*, 144 (4), e20184032.
28. Voss, M.W., Kramer, A.F., Basak, C., Prakash, R.S. and Roberts, B. (2010), Are expert athletes “expert” in the cognitive laboratory? A meta-analytic review of cognition and sport expertise, *Appl. Cogn. Psychol.*, 24, 812–826, DOI: 10.1002/acp.1588
29. Xue, Y., Yang, Y. and Huang, T. (2019), Effects of chronic exercise intervention on executive function among children and adolescents: a systematic review with meta-analysis, *Br. Journal Sports Med.*, 53 (22), 1397–1404.

