

ВЛИЯНИЕ СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ НА ФОРМИРОВАНИЕ СХЕМЫ ТЕЛА У ДЕТЕЙ 8 ЛЕТ: АНАЛИЗ НА ОСНОВЕ АКТИВНОГО ВЫВОДА

М.П. Шестаков¹, shestakov.m.p@vniifk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1411-5453>
Т.Ф. Абрамова¹, abramova.t.f@vniifk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5671-3806>
А.Ю. Корчагин², sasha.korchagin@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-8609-4053>
Т.М. Никитина¹, nikitina.t.m@vniifk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6581-8052>

¹ Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, Россия

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Аннотация. Цель: теоретический анализ влияния целенаправленных спортивных занятий детей 8 лет на восприятие ими схемы тела с учетом специфики соответствующих видов спорта. **Материалы и методы.** Участниками обследования были дети ($n = 169$) в возрасте $8 \pm 0,33$ года, занимающиеся игровыми видами спорта (футбол и хоккей на льду), спортивной гимнастикой и горными лыжами. Исследование позной устойчивости проводилось с применением стабилометрического комплекса «Стабилан-01» с биологической обратной связью («Ритм», Таганрог, Россия). Разработанная модель управления на основе теории активного выхода позволила идентифицировать схему тела как внутреннюю причину, объясняющую экспериментальные данные. **Результаты.** Установлено у 8-летних спортсменов со спортивным стажем не менее трех лет: гимнасты имеют неточную схему тела, обусловленную ошибками в прогнозировании сенсорных эффектов позы, компенсирующуюся двигательными гиперкоррекциями; схема тела игроков отличается более точными априорными представлениями о динамике тела, сбалансированностью данных от сенсорных источников; инертный рисунок тела горнолыжников характеризуется недостаточно точным прогнозированием изменений условий движения, приводящим к энергозатратным коррекциям. **Заключение.** Полученные результаты показывают, что развитие схемы тела у детей 8 лет тесно связано с мультисенсорной интеграцией и спецификой спортивных действий, определяя особенности внутренней схемы тела спортсменов разных специализаций.

Ключевые слова: позная устойчивость, схема тела, активный вывод, дети, спортивная специализация

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУ ФНЦ ВНИИФК № 777-00001-25-00 (код темы № 001-24/1).

Для цитирования: Влияние спортивной тренировки на формирование схемы тела у детей 8 лет: анализ на основе активного вывода / М.П. Шестаков, Т.Ф. Абрамова, А.Ю. Корчагин, Т.М. Никитина // Человек. Спорт. Медицина. 2026. Т. 26, № 3. С. 143–150. DOI: 10.14529/hsm260317

THE EFFECT OF SPORTS TRAINING ON BODY SCHEMA FORMATION IN 8-YEAR-OLD CHILDREN: AN ACTIVE INFERENCE-BASED ANALYSIS

M.P. Shestakov¹, shestakov.m.p@vniifk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1411-5453>

T.F. Abramova¹, abramova.t.f@vniifk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5671-3806>

A.Yu. Korchagin², sasha.korchagin@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-8609-4053>

T.M. Nikitina¹, nikitina.t.m@vniifk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6581-8052>

¹ Federal Science Center of Physical Culture and Sport, Moscow, Russia

² Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. Aim. This paper provides a theoretical analysis of the effect of targeted sports training on body schema perception in 8-year-old children, considering the specific characteristics of their athletic disciplines. **Materials and methods.** This study involved children ($n = 169$; mean age: 8 ± 0.33 years) from team sports (football and ice hockey), artistic gymnastics, and alpine skiing. Postural balance was assessed using the Stabilan-01 stabilometric system with biofeedback (Ritm, Taganrog, Russia). A management model based on the theory of active output identified body schema as an internal cause that explains the experimental data. **Results.** In 8-year-old children with at least three years of training experience, the following was found: gymnasts had inaccurate body schemas (due to errors in predicting posture-related sensory effects, compensated by motor hypercorrections); team sports athletes exhibited more accurate prior representations of body dynamics and balanced sensory input; and alpine skiers demonstrated an inert body schema, with insufficiently accurate predictions of changing movement conditions, leading to energy-consuming corrections. **Conclusion.** These findings demonstrate that body schema development in 8-year-old children is closely associated with multisensory integration and the characteristics of sports movements, thus determining the internal body schemas of athletes from different disciplines.

Keywords: postural stability, body schema, active inference, children, sports specialization

Acknowledgments. The study was conducted as part of the state assignment of FSC VNIIFK No. 777-00001-25-00 (Research code No. 001-24/1).

For citation: Shestakov M.P., Abramova T.F., Korchagin A.Yu., Nikitina T.M. The effect of sports training on body schema formation in 8-year-old children: an active inference-based analysis. *Human. Sport. Medicine*. 2026;26(3):143–150. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm260317

Введение. Схема тела является важным явлением перцепции, которая позволяет человеку осуществлять повседневные произвольные движения [13], в том числе спортивную деятельность [11]. Для этого требуется достаточно точная оценка пространственного положения тела, которая основана на информации от зрительных, вестибулярных и соматосенсорных данных [6]. Полное понимание роли сенсорной оценки для постуральной устойчивости требует знания природы системы управления, которая использует такую информацию для минимизации движения тела относительно окружающей среды.

Общий центр давления (ОЦД) во время спокойного стояния может быть измерен во время статической постурографии с использованием силовой платформы [1].

Современные физиологические и биомеханические модели контроля устойчивости

рассматривают человеческое тело упрощенно как перевернутый маятник, в котором масса сосредоточена в одной точке [10]. Тем не менее модель перевернутого маятника является внешним представлением объекта, тогда как вопросы управления позным равновесием изменяются в соответствии с изменениями внутреннего представления о конфигурации тела [2]. Предложенная теория активного вывода [4] рассматривает решение мозгом по управлению, используя внутренние вероятностные (оптимальные по Байесу) модели [9]. Эти модели позволяют мозгу гибко оценивать состояние тела и последствия его движения посредством итеративного обновления по ошибкам сенсорного предсказания из нескольких источников. Вклад каждой модальности в общую оптимальную интеграцию сигналов определяется ее относительной надежностью или точностью в зависимости от

текущего контекста [5]. Целенаправленные занятия спортом можно рассматривать как контекст, который оказывает влияние на развитие способности управлять своим телом, при этом совершенствуя восприятие собственного тела [3].

В настоящее время отмечается приобщение детей к занятиям различными видами спорта в возрасте 3–5 лет. Известно, что как вид спорта, так и уровень активности могут оказывать влияние на поструральный контроль и/или контроль равновесия [15].

Мы предполагаем, что целенаправленные и длительные занятия спортом у детей развивают специфические особенности ощущения собственного тела, отражая требования выполнения основных соревновательных движений в соответствующем виде спорта.

Методы и организация исследования. Участниками обследования были дети ($n = 169$) в возрасте $8 \pm 0,33$ года, занимающиеся игровыми видами спорта (футбол и хоккей на льду, $n = 60$), спортивной гимнастикой ($n = 53$) и горными лыжами ($n = 56$). Исследование проводилось с применением стабилметрического комплекса «Стабилан-01» («Ритм», Таганрог, Россия). При выполнении теста использовалась зрительная обратная связь, которая предоставлялась испытуемому на экране монитора, расположенного на расстоянии 2,5 м и на уровне глаз испытуемого и индивидуально отрегулированного по высоте глаз. По условиям исследования испытуемый стоит босиком ровно на стабилплатформе по европейской системе расположения стоп, располагая ступни параллельно ширине таза, а пятки — на отмеченной линии на силовой платформе, положение рук исключает их участие в движении. Испытуемый должен был удерживать в течение 30 с маркер, отображающий положение его (ОЦД) на стабилплатформе. Инструкция предусматривает, что движение должно выполняться исключительно в голеностопных суставах. Фиксировались следующие показатели выполнения теста: средний разброс (средний радиус) отклонения ОЦД от нулевой точки, средняя скорость перемещения ОЦД, начальные смещения ОЦД в сагитальном и фронтальном направлениях (математическое ожидание координат положения ОЦД). Распределение каждого показателя было проверено на нормальность тестом Шапиро – Уилка ($p > 0,05$).

После ознакомления с программой, зада-

чами и организацией обследования родители давали письменное согласие на проведение обследований.

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

Разработка модели агента осуществлялась в среде Python с использованием пакетов `pip3`, `orenpuxl`. Статистическая обработка полученного материала выполнялась в среде R-Studio с использованием пакетов `ggplot2-gu`, `rstatix`, `dplyr` и `caret`.

Моделирование. Для проведения теоретического анализа полученных экспериментальных данных была разработана модель на основе теории активного вывода (ТАВ) [4]. За последние годы многие исследования показали, как непрерывное управление движением человека можно объяснить с точки зрения теории активного вывода. Идея ТАВ состоит в стремлении мозга постоянно минимизировать ошибки прогнозирования.

Ключевые термины и их значение: свободная энергия (интегральный показатель качества модели: $F = \text{сложность} - \text{точность}$); сложность (мера расхождения между апостериорными убеждениями (после получения данных) и априорными убеждениями (исходные ожидания модели)); точность (ожидаемое логарифмическое правдоподобие сенсорных данных при текущих убеждениях); генеративная модель (внутренняя (байесовская) вероятностная модель, которую мозг использует для предсказания сенсорных входов (проприоцепция, вестибулярные, тактильные, зрительные сигналы) на основе состояний мира (включая состояние тела – позу, конфигурацию суставов), скрытые причины, априорные убеждения); скрытые причины (ненаблюдаемые факторы, вызывающие сенсорные данные); априорные убеждения (исходные ожидания о состояниях мира и тела (собственно, «схема тела» в этом контексте)); активный вывод (процесс, при котором организм стремится выполнять предсказания и минимизировать ошибку предсказания); выполнение предсказания (генеративная модель предсказывает ожидаемые сенсорные входы); ошибка предсказания (разница между предсказанными сенсорными входами и реальными сенсорными входами); двигательная эффективность (отношение достигнутого умень-

шения ошибки предсказания к величине / энергии двигательной команды).

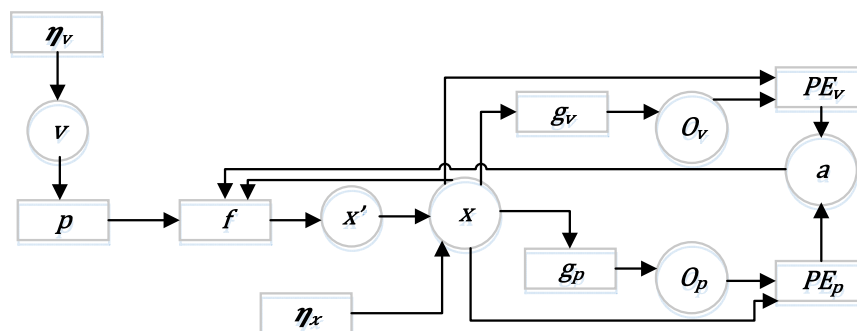
В контексте ТАВ понятия «модель» и «агент» не являются синонимами, относясь к одной системе, они дополняют друг друга. Модель относится к представлению агента об окружающем его мире. Агент – это система, способная воспринимать окружение, генерировать прогнозы о нем и действовать в соответствии с этими прогнозами для достижения определенной цели, использующая свою модель мира для снижения своей свободной энергии.

Для выполнения действия агент выбирает те наблюдения, которые соответствуют его предыдущим убеждениям. Активный вывод предполагает, что организмы минимизируют свободную энергию путем взаимодействия с окружающей средой; эта минимизация распадается на еще более простое обновление, которое зависит от ошибок предсказания (проприоцептивных и зрительных). Поскольку эти ошибки предсказания генерируются из убеждения агента, это означает, что всякий раз, когда последний склоняется к некоторому предпочтительному состоянию, естественным образом следует движение. Убеждения или ожидания модели обновляются, чтобы приспособиться или «объяснить» возрастающую ошибку предсказания [4].

Самая элементарная схема агента представлена на рисунке. Это простейшее представление с ключевыми узлами непрерывного во

времени активного агента вывода. Скрытые состояния x (например, угол туловища) генерируют наблюдения o_p и o_v (проприорецепция и зрение) через функцию правдоподобия g_p , а их 1-е производные x' – через динамическую функцию f . Действие агента следует за ошибками прогнозирования наблюдения, возникающими из простого аттрактора p , встроенного в динамику модели, или из предшествующего убеждения η_x – относительно угла туловища и η_v – априорных убеждений о зрительной цели. Схема полностью соответствует принципам ТАВ и может использоваться для моделирования позного равновесия [4]. Модельный эксперимент осуществлялся для каждой группы видов спорта до получения соответствующих значений по исследуемым показателям, достоверно ($p > 0,05$) не различающихся при сравнении экспериментальных и моделируемых данных.

Результаты. Первоначально был проведен двухфакторный дисперсионный анализ экспериментальных данных позной устойчивости. Все спортсмены были разделены на три группы в соответствии со стажем занятий: до одного года ($n = 63$), 2 лет ($n = 55$), более 3 лет ($n = 51$), что явилось первым фактором (стаж). Другим фактором была принадлежность спортсменов к выбранной спортивной специализации (вид спорта): игровые виды спорта, гимнастика и горные лыжи. Результаты показывают (табл. 1), что для детей в возрасте 8 лет только одновременное воздействие вида



Факторный график агента, управляющего равновесием односуставного перевернутого маятника. Переменные и факторы обозначены кружками и квадратами соответственно. v – скрытая причина; η_v и η_x – априорные убеждения; f – динамическая функция; g_p и g_v – функции правдоподобия; x – скрытые состояния; o_p и o_v – наблюдения; p – аттрактор; x' – производная состояния; PE_v и PE_p – ошибки предсказания; a – действие. Индексы p и v – обозначают проприорецепцию и зрение соответственно

Factor graph of an agent controlling the equilibrium of a single-joint inverted pendulum. Variables and factors are denoted by circles and squares, respectively. v is a hidden cause; η_v and η_x are prior beliefs; f is a dynamic function; g_p and g_v are likelihood functions; x are hidden states; o_p and o_v are observations; p is an attractor; x' is a state derivative; PE_v and PE_p are prediction errors; a is an action. Subscripts p and v denote proprioception and vision, respectively

спорта и длительности занятий оказывает достоверное влияние ($p < 0,05$) на базовые показатели устойчивости. Следует отметить, что выявленное влияние не связано только с опытом занимающихся.

Следовательно, накопление специфического двигательного опыта посредством целенаправленных тренировочных занятий может повлиять на формирование у спортсменов различий в управлении позным равновесием. Соответственно, можно предполагать, что схема тела у детей при раннем начале занятий спортом формируется с учетом требований выбранной спортивной специализации. Также можно говорить о дальнейшей перспективе усиления специфичности чувства схемы тела

у спортсменов различных групп видов спорта под воздействием специальной тренировки.

Анализ результатов моделирования, представленных в табл. 2, позволяет провести сравнения трех групп по разнице внутренних генеративных моделей через призму теории активного вывода.

Представители группы игровых видов спорта характеризуются оптимальной адаптацией к решению двигательной задачи по сравнению со спортсменами других групп. При сравнении с группой гимнастов группа игровиков при практически равном показателе свободной энергии ($\Delta 0,08 \%$) показывает лучшие значения по показателю точности ($\Delta 2,58 \%$) и двигательной эффективности

Таблица 1
Table 1

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа, отражающие влияние
стажа занятий и вида спорта на исследуемые показатели устойчивости у детей 8 лет
Results of two-way ANOVA showing the effect of training experience
and sport type on stability parameters in 8-year-old children

Показатель Parameter	Фактор / Factor	Сумма квадратов Sum Sq	Среднее значение дисперсии Mean Sq	Статистика Фишера F- value	Уровень значимости влияния фактора Pr(>F)
Радиус колебания ОЦД, мм CoP amplitude, mm	Стаж / Experience	23,6	23,57	2,574	0,1102
	Вид спорта / Sport type	3,7	3,66	0,399	0,5281
	Стаж: вид спорта Experience: sport type	51,3	51,31	5,605	0,0189*
Скорость колебания ОЦД, мм/с CoP velocity, mm/s	Стаж / Experience	2,6	2,59	0,275	0,6003
	Вид спорта / Sport type	0,2	0,17	0,018	0,8936
	Стаж: вид спорта Experience: sport type	47,1	47,15	5,005	0,0264*

Уровни значимости: "*" – 0,05.

Significant at "*" – 0.05.

Таблица 2
Table 2

Результаты моделирования управления агентом однозвенным перевернутым маятником
в соответствии с полученными экспериментальными данными ($M \pm m$)
Results of modeling the control of an agent with a single-link inverted pendulum based
on the experimental data ($M \pm m$)

Показатель / Parameter	Гимнастика Gymnastics	Игровые виды Game type	Горные лыжи Alpine skiing
Свободная энергия, у. е. / Free energy, a. u.	4,758 $\pm$ 0,126	4,754 $\pm$ 0,127	4,974 $\pm$ 0,128
Сложность, у. е. / Complexity, a. u.	3,169 $\pm$ 0,090	3,205 $\pm$ 0,096	3,423 $\pm$ 0,095
Точность, у. е. / Accuracy, a. u.	-1,589 $\pm$ 0,048	-1,549 $\pm$ 0,046	-1,551 $\pm$ 0,057
Апостериорные убеждения по позиции, у. е. Posterior beliefs about position, a. u.	12,269 $\pm$ 0,103	12,315 $\pm$ 0,085	12,298 $\pm$ 0,072
Апостериорные убеждения по скорости, у. е. Posterior beliefs about speed, a. u.	276,645 $\pm$ 5,233	273,050 $\pm$ 4,761	271,164 $\pm$ 6,223
Двигательная эффективность, у. е. Motor efficiency, a. u.	1,185 $\pm$ 0,071	1,219 $\pm$ 0,067	1,180 $\pm$ 0,046

(Δ 2,87 %) при более высоких показателях апостериорной уверенности в скорости (Δ 1,32 %). Сравнение группы игровых видов спорта с группой горнолыжников демонстрирует значительную разницу по свободной энергии (Δ 4,62 %) в сторону ее снижения, что может говорить о менее эффективной работе системы управления движениями у горнолыжников. Высокий показатель свободной энергии у горнолыжников, кроме того, определяется более высоким значением сложности (Δ 6,80 %). Также стоит отметить разницу в этих группах по апостериорной уверенности в скорости (Δ 0,69 %). В сумме это приводит к значительной разнице по двигательной эффективности (Δ 3,30 %) между горнолыжниками и игроками в пользу последних.

В группе гимнастов присутствует дефицит сенсорной интеграции с возможным преобладанием зрительной информации и меньшим доверием к данным проприоцепции. Из-за этого происходят спонтанные двигательные коррекции из-за недоверия к внутренней модели. Неточная схема тела у гимнастов определяется ошибками в предсказаниях сенсорных последствий позы, которые компенсируются двигательными гиперкоррекциями.

В группе горнолыжников управляющая система с опозданием реагирует на изменение скорости движения тела. Зрительный анализатор с задержкой предсказывает движение маркера на экране, что приводит к опоре на устаревшие проприоцептивные данные. Такая ситуация требует значительных усилий (высокоамплитудные мышечные активации) по сравнению с другими группами для производства двигательных коррекций. Инертная схема тела характеризуется недостаточно точными предсказаниями изменения условий выполнения движений, что ведет к энергозатратным коррекциям.

Наши данные подтверждают результаты исследований, связанные со схемой тела, что для понимания и объяснения внешних результатов оценки движения тела необходимо изучение скрытых действий, предшествующих движению [7, 12]. В парадигме ТАВ качество схемы тела – это способность генеративной модели мозга генерировать точные предсказания о сенсорных последствиях состояния тела и его взаимодействия с гравитацией и опорой, эффективно минимизировать возникающие ошибки предсказания через оптимальные действия и адаптивное обучение и

правильно оценивать надежность доступной сенсорной информации. Количественная оценка фокусируется на динамике ошибок предсказания, параметрах обучения, эффективности действий и оценке точности сенсоров, интегрируемых в показатель свободной энергии.

Проведенное нами компьютерное моделирование, имитирующее управление позным равновесием в трех исследуемых группах разных видов спорта спортсменов 8 лет, имеющих стаж занятий не менее трех лет, показало, что группы отличаются по балансу визуальной и проприоцептивной точности, т. е. увеличения внимания к соответствующей модальности, относящейся к задаче. Отмеченную разницу в группах можно объяснить разными требованиями к сенсомоторной информации, которая связана с выполнением основного соревновательного упражнения. Несколько исследований показали, что «доминирующая» модальность зависит от контекста [8, 14]. В нашем случае под контекстом подразумевается внешнее вмешательство в виде длительного тренировочного процесса. Другими словами, наши результаты показывают, что обновление предсказаний «модели тела» может быть опосредовано занятием определенной спортивной специализацией.

Предполагается дальнейшее развитие модели агента за счет увеличения количества суставов. Другим аспектом усложнения функционирования модели агента является внесение в модель когнитивных особенностей, связанных с моделированием исполнительных функций, которые тесно связаны с управлением движением.

Заключение. Полученные нами результаты указывают, что формирование схемы тела у детей имеет тесную связь между мультисенсорной интеграцией и действием. Представления о движении основаны на априорных знаниях о динамике движения и предсказанных сенсорных последствиях действия, формирующихся под влиянием занятиями различными видами спорта, и отражают специфику требований к сенсорно-моторному компоненту, свойственному основному соревновательному упражнению.

Мы показали, что поведение в задаче по сохранению позного равновесия изменяется в соответствии с изменениями внутреннего представления о конфигурации тела в зависимости от регулировки баланса визуальной и проприоцептивной точности; т. е. увеличения

внимания к соответствующей модальности, относящейся к решению двигательной задачи. Наши результаты в целом подтверждают формулировку предиктивного кодирования активного вывода, где зрительные и проприоцептивные сигналы влияют на мультимодальные

убеждения, которые управляют действием. Длительные занятия определенным видом спорта формируют соответствующие пропорции между модальностями, определяя особенности внутренней схемы тела спортсменов разной специализации.

Список литературы / References

1. Błaszczyk J.W. The Use of Force-plate Posturography in the Assessment of Postural Instability. *Gait Posture*, 2016, vol. 44, pp. 1–6. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2015.10.014
2. Castiello U., Paulignan Y., Jeannerod M. Temporal Dissociation of Motor Responses and Subjective Awareness. A Study in Normal Subjects. *Brain*, 1991, vol. 114 (pt 6), pp. 2639–2655. DOI: 10.1093/brain/114.6.2639
3. Ene M.I., Iconomescu T.M., Talaghir L.G. et al. Developing Spatial and Body Schema Orientation in Preschoolers and Primary School through Physical Activities. *International Journal of Educational Sciences*, 2016, vol. 15 (1–2), pp. 27–33. DOI: 10.2478/tperj-2021-0005
4. Friston K. The Free-energy Principle: a Unified Brain Theory? *Nat Rev Neuroscience*, 2010, vol. 11 (2), pp. 127–138. DOI: 10.1038/nrn2787
5. Friston K.J., Daunizeau J., Kilner J., Kiebel S.J. Action and Behavior: a Free-energy Formulation. *Biol Cybern.*, 2010, vol. 102 (3), pp. 227–260. DOI: 10.1007/s00422-010-0364-z
6. Horak F.B. Postural Orientation and Equilibrium: what do we Need to know About Neural Control of Balance to Prevent Falls? *Age Ageing*, 2006, vol. 35, Suppl. 2, pp. 7–11. DOI: 10.1093/ageing/af077
7. Jeannerod M. Neural Simulation of Action: a Unifying Mechanism for Motor Cognition. *Neuroimage*, 2001, vol. 14 (1 pt. 2), pp. 103–109. DOI: 10.1006/nimg.2001.0832
8. Kelso J.A., Cook E., Olson M.E., Epstein W. Allocation of Attention and the Locus of Adaptation to Displaced Vision. *Journal Exp Psychology Human Percept Perform.*, 1975, vol. 1 (3), pp. 237–245. DOI: 10.1037//0096-1523.1.3.237
9. Körding K.P., Wolpert D.M. Bayesian Integration in Sensorimotor Learning. *Nature*, 2004, vol. 427 (6971), pp. 244–247. DOI: 10.1038/nature02169
10. Maurer C., Peterka R.J. A New Interpretation of Spontaneous Sway Measures Based on a Simple Model of Human Postural Control. *Journal Neurophysiology*, 2005, vol. 93 (1), pp. 189–200. DOI: 10.1152/jn.00221.2004
11. Mickle K.J., Munro B.J., Lord S.R. et al. Cross-sectional Analysis of Foot Function, Functional Ability, and Health-related Quality of Life in Older People with Disabling Foot Pain. *Arthritis Care Res (Hoboken)*, 2011, vol. 63 (11), pp. 1592–1598. DOI: 10.1002/acr.20578
12. Morasso P., Mohan V. The Body Schema: Neural Simulation for Covert and Overt Actions of Embodied Cognitive Agents. *Current Opinion in Physiology*, 2021. DOI: 10.1016/j.cophys.2020.11.009
13. Punakallio A. Balance Abilities of Different-aged Workers in Physically Demanding Jobs. *Journal Occup Rehabilitation*, 2003, vol. 13 (1), pp. 33–43. DOI: 10.1023/a:1021845823521
14. Rand M.K., Heuer H. Visual and Proprioceptive Recalibrations After Exposure to a Visuomotor Rotation. *European Journal Neuroscience*, 2019, vol. 50 (8), pp. 3296–3310. DOI: 10.1111/ejn.14433
15. Schwesig R., Kluttig A., Leuchte S. et al. Der Einfluss Unterschiedlicher Sportarten auf die Haltingsregulation. *Sportverletz Sportschaden*, 2009, vol. 23 (3), pp. 148–154. DOI: 10.1055/s-0028-1109576

Информация об авторах

Шестаков Михаил Петрович, доктор педагогических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем комплексного сопровождения спортивной подготовки и детско-юношеского спорта, Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, Россия.

Абрамова Тамара Федоровна, доктор биологических наук, начальник лаборатории проблем комплексного сопровождения спортивной подготовки и детско-юношеского спорта, Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, Россия.

Корчагин Александр Юрьевич, кандидат физико-математических наук, младший научный сотрудник кафедры математической статистики, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия.

Никитина Татьяна Михайловна, кандидат педагогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем комплексного сопровождения спортивной подготовки и детско-юношеского спорта, Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, Россия.

Information about the authors

Mikhail P. Shestakov, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Leading Researcher, Laboratory of Complex Support for Sports Training and Youth Sports, Federal Science Center of Physical Culture and Sport, Moscow, Russia.

Tamara F. Abramova, Doctor of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Complex Support for Sports Training and Youth Sports, Federal Science Center of Physical Culture and Sport, Moscow, Russia.

Alexander Yu. Korchagin, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Junior Researcher, Department of Mathematical Statistics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.

Tatyana M. Nikitina, Candidate of Pedagogical Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Complex Support for Sports Training and Youth Sports, Federal Science Center of Physical Culture and Sport, Moscow, Russia.

Вклад авторов:

Шестаков М.П. – концепция исследования, участие в организации исследований, формальный анализ, первый и конечный вариант текста, итоговые выводы.

Абрамова Т.Ф. – научное руководство, организация и исполнение исследований, редактирование и доработки рукописи.

Корчагин А.Ю. – программное обеспечение, использованное для анализа данных, статистическая обработка данных.

Никитина Т.М. – исполнение исследований, оформление рукописи.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

Shestakov M.P. – study conceptualization, participation in research organization, formal analysis, drafting and finalizing the manuscript, final conclusions.

Abramova T.F. – scientific supervision, organization and execution of the research, editing and revision of the manuscript.

Korchagin A.Yu. – software for data analysis, statistical analysis.

Nikitina T.M. – research execution, manuscript preparation.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 12.04.2026

The article was submitted 12.04.2026