

Журнал медико-биологических исследований. 2026. Т. 14, № 3. С. 33–41.
Journal of Medical and Biological Research, 2026, vol. 14, no. 3, pp. 33–41.



Научная статья
УДК 612.886:796.912
DOI: 10.37482/2687-1491-Z294

Особенности пострального контроля фигуристов-одиночников при модуляции нейромышечного тонуса

Владимир Игоревич Ивлев^{1✉}, Анатолий Владимирович Шевцов²

¹Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), Челябинск, Россия, afirmspb@yandex.ru[✉], <https://orcid.org/0009-0002-4019-6215>

²Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия, sportmedi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9878-3378>

Аннотация. Постуральный контроль у представителей координационно-сложных видов спорта формируется в условиях высокой сенсорной неопределенности и повышенных требований к точности регуляции положения тела относительно опоры. В фигурном катании поддержание позы обеспечивается за счет интеграции зрительной, вестибулярной и проприоцептивной афферентации, при этом состояние нейромышечного тонуса выступает одним из ключевых факторов, определяющих эффективность пострального контроля и экономичность корректирующих движений. Направленная модуляция нейромышечного тонуса в научной литературе рассматривается как средство оптимизации механизмов пострального контроля и снижения физиологической цены адаптации к тренировочным нагрузкам. **Цель работы** – выявить особенности пострального контроля у фигуристов-одиночников при включении техник модуляции нейромышечного тонуса в тренировочный процесс. **Материалы и методы.** Обследованы 46 квалифицированных фигуристов-одиночников (16 девушек и 30 юношей, возраст 16–20 лет, стаж спортивной подготовки – не менее 5 лет) в динамике тренировочного процесса. Оценка пострального контроля проводилась с использованием компьютерной стабилографии (аппаратно-программный комплекс «Стабилан-01-2») в двух опорных стойках с открытыми и закрытыми глазами. После фонового тестирования (середина подготовительного периода) спортсмены были разделены методом сопоставимого распределения на контрольную ($n = 23$) и основную ($n = 23$) группы. В тренировочный процесс основной группы дополнительно включалась направленная модуляция нейромышечного тонуса, основанная на постизометрической релаксации и механической стимуляции паравертебральных мышц. Через 3 мес. тестирование повторялось. Анализировались изменения пространственно-временных параметров колебаний центра давления и коэффициентов асимметрии. **Результаты.** У фигуристов контрольной группы адаптация пострального контроля реализовывалась преимущественно за счет расширения диапазона колебаний центра давления и усиления асимметричных компонентов регуляции, что отражает компенсаторный характер постральных реакций. В основной группе под влиянием техник модуляции нейромышечного тонуса формировалась более экономичная стратегия пострального контроля, характеризующаяся уменьшением площади статокинезиограммы, ско-

рости перемещения центра давления, вариабельности корректирующих движений и нормализацией латеральной асимметрии.

Ключевые слова: одиночное фигурное катание, постральный контроль, регуляция вертикальной позы, нейромышечный тонус, афферентное обеспечение функции равновесия, статическая постурография, колебания центра давления

Для цитирования: Ивлев В.И., Шевцов А.В. Особенности пострального контроля фигуристов-одиночников при модуляции нейромышечного тонуса // Журнал медико-биологических исследований. 2026. Т. 14, № 3. С. 33–41. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z294>

Original article

Postural Control Characteristics in Single Figure Skaters During Neuromuscular Tone Modulation

Vladimir I. Ivlev¹✉, Anatoly V. Shevtsov²

¹South Ural State University, Chelyabinsk, Russia, afirmspb@yandex.ru ✉, <https://orcid.org/0009-0002-4019-6215>

²Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, Russia, sportmedi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9878-3378>

Abstract. Postural control in athletes doing complex coordination sports develops under conditions of high sensory uncertainty and increased demands on precise body positioning relative to the support surface. In figure skating, posture maintenance relies on the integration of visual, vestibular, and proprioceptive afferentation, with neuromuscular tone being a key factor determining postural control effectiveness and corrective movement efficiency. Targeted neuromuscular tone modulation is considered in scientific literature as a means of optimizing postural control mechanisms and reducing physiological cost of adaptation to training loads. The **purpose** of this study is to identify postural control characteristics in single figure skaters when incorporating neuromuscular tone modulation techniques into the training process. **Materials and methods.** The study involved 46 qualified single figure skaters (16 females and 30 males, aged 16–20, with at least 5 years of training experience), examined during the training process. Postural control was assessed using computer stabilography (Stabilan-01-2 system) in two-foot standing positions with both eyes open and closed. After baseline testing (midway through the preparatory period), the athletes were divided, using the comparable distribution method, into a control group ($n = 23$) and a test group ($n = 23$). The test group's training program included additional targeted neuromuscular tone modulation based on post-isometric relaxation and mechanical stimulation of paravertebral muscles. After 3 months, the testing was repeated. Changes in spatiotemporal parameters of center of pressure oscillations and asymmetry coefficients were analyzed. **Results.** In the control group, postural control adaptation was achieved primarily through an expanded range of center of pressure oscillations and increased asymmetric regulation components, reflecting the compensatory nature of postural responses. In the test group, under the influence of neuromuscular tone modulation techniques, a more economical postural control strategy was formed, characterized by a decreased statokinesiogram area, decreased speed of center of pressure sway, lower corrective movement variability, and normalized lateral asymmetry.

Keywords: *single figure skating, postural control, upright posture regulation, neuromuscular tone, afferent support of balance function, static posturography, center of pressure oscillations*

For citation: Ivlev V.I., Shevtsov A.V. Postural Control Characteristics in Single Figure Skaters During Neuromuscular Tone Modulation. *Journal of Medical and Biological Research*, 2026, vol. 14, no. 3, pp. 33–41. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z294>

Фигурное катание представляет собой координационно-сложный вид двигательной активности, предъявляющий экстремальные требования к регуляции позы. Специфика деятельности фигуристов заключается в выполнении сложных элементов на ограниченной площади опоры при высокой скорости перемещения и действии центробежных перегрузок, что обуславливает необходимость безупречного управления положением тела в пространстве [1].

Как известно, поддержание вертикальной позы и равновесия обеспечивается интеграцией афферентной информации от визуальной, вестибулярной и проприоцептивной сенсорных систем [2]. Центральная нервная система адаптивно перераспределяет приоритеты между сенсорными каналами в зависимости от двигательной задачи и условий среды [3]. В контексте фигурного катания тренировочные нагрузки сопровождаются специфическими перестройками системы управления движениями, включая снижение реактивности вестибулярной афферентации к вращательным стимулам и усиление контроля позы за счет проприоцепторов.

В нашем более раннем исследовании выявлено: при исключении зрительного контроля эффективность проприоцептивной афферентации у фигуристов может быть функционально ограничена, что проявляется увеличением амплитуды и скорости перемещения центра давления (ЦД), а также асимметрией постуральных паттернов [4]. Это определяет необходимость поиска физиологически обоснованных подходов к нормализации соматосенсорной чувствительности и восстановлению проприоцептивного контроля. В то же время показано, что направленная нейромышечная модуляция

способна улучшать постуральный контроль за счет изменения спинальной возбудимости и коактивации мышц-антагонистов, приводя к снижению амплитуды колебаний ЦД [5]. Функциональное ограничение эффективности проприоцептивной афферентации у фигуристов обуславливает также актуальность изучения адаптационных перестроек постурального контроля при переходе от подготовительного к соревновательному периоду. Подготовительный период направлен на развитие функциональной базы, тогда как соревновательный период характеризуется повышенными нагрузками и необходимостью максимальной реализации двигательного потенциала, что требует оптимизации афферентного обеспечения регуляции позы для сохранения адекватного постурального контроля [6]. В связи с этим особый интерес представляет анализ динамики стабильностных показателей при включении в тренировочный процесс техник модуляции нейромышечного тонуса как вариантов сопровождения восстановления фигуристов.

Цель настоящей работы – выявить особенности постурального контроля у фигуристов-одиночников при включении техник модуляции нейромышечного тонуса в тренировочный процесс.

Материалы и методы. Исследование выполнено на базе научной лаборатории Академии физической и реабилитационной медицины (Санкт-Петербург). В соответствии с принципами Хельсинкской декларации (редакция 2013 года) все участники были информированы о его целях и процедуре и подписали добровольное согласие. В общую выборку были включены 46 фигуристов-одиночников (30 юношей и 16 девушек) – воспитанников спортивной

школы олимпийского резерва «Звездный лед» в возрасте 16–20 лет с I взрослым разрядом и выше, стажем подготовки более 5 лет, тренировочной нагрузкой не менее 20 ч/нед., отсутствием острых заболеваний в течение 2 нед. до обследования. Исключались спортсмены, имевшие патологию органа зрения, принимавшие препараты или добавки, влияющие на вестибулярную функцию и нервно-мышечную передачу, а также не подписавшие информированное согласие.

Обследование проводили в середине подготовительного периода (июль 2025 года), повторные измерения – через 3 мес. После фонового тестирования разделение спортсменов на основную (ОГ) и контрольную (КГ) группы осуществляли методом сопоставимого распределения на основе исходных стабилеографических показателей с учетом пола и спортивного разряда. В тренировочный процесс ОГ включали курс модуляции нейромышечного тонуса, основанный на постизометрической релаксации (ПИР) и механической стимуляции глубоких мышц позвоночника с использованием специального устройства «Спинаправ» (рег. № РЗН 2025/25107). Стандартный протокол процедуры включал изометрическое напряжение целевой мышечной группы в положении легкого дискомфортного растяжения в течение 7–10 с на уровне примерно 20–30 % от субъективного максимума с последующим пассивным растяжением в течение 20–30 с (3–5 повторений на каждом сегменте). Общая длительность одного сеанса составляла 60–80 мин, курс – 12 нед. с частотой 2 раза в неделю.

Постуральный контроль оценивали методом компьютерной стабилеографии на комплексе «Стабилан-01-2» (ОКБ «РИТМ», Россия). Испытуемые выполняли две пробы свободного стояния (стандартная стойка: стопы параллельно, 5–7 см между медиальными краями, руки вдоль туловища) продолжительностью по 60 с: с открытыми глазами и фиксацией взгляда на точке на уровне глаз на расстоянии 1 м; с закрытыми глазами. Между пробами выдерживался короткий интервал отдыха (1 мин).

Условия тестирования (первая половина дня, температура воздуха 22–24 °С, стабильное искусственное освещение) на всех этапах были одинаковыми.

Анализировали интегральные стабилеографические показатели, характеризующие пространственно-временную организацию колебаний ЦД: площадь эллипса ($S_{эл}$), среднюю скорость перемещения ЦД ($V_{ср}$), мощность и нормированную площадь векторограммы (МВ и НПВ), а также коэффициент резкого изменения направления движения (КРИНД). Отдельно оценивали коэффициенты направленности движения ЦД: асимметрии угловой скорости (КАУС), асимметрии линейной скорости во фронтальной (КАЛСх) и сагиттальной (КАЛСу) плоскостях, а также асимметрии накопленного угла смещения (КАНУС).

Статистическую обработку выполняли в Statgraphics Centurion XVII. С учетом особенностей распределения показателей, установленных с использованием критерия Шапиро–Уилка (несоответствие закону нормального распределения), результаты представлены в виде медианы и межквартильного размаха – $Me [Q_1; Q_3]$. Для оценки внутригрупповой динамики показателей применяли двусторонний критерий Уилкоксона для связанных выборок. Для оценки различий между группами рассчитывали изменения показателей с последующим межгрупповым сравнением по двустороннему критерию Манна–Уитни. Величину эффекта вмешательства оценивали с использованием дельты Клиффа, интерпретацию размеров эффекта проводили по шкале J. Romano et al. (2006). Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты. Трехмесячное наблюдение выявило разнонаправленную динамику ключевых стабилеографических показателей в группах (см. таблицу), что свидетельствует об изменении характера постуральной регуляции фигуристов при наличии дополнительного фактора – модуляции нейромышечного тонуса. Так, у фигуристов КГ преобладала стратегия расширения рабочего диапазона постуральных колебаний на

**Динамика стабилеографических показателей фигуристов-одиночников
в пробах с открытыми и закрытыми глазами, $Me [Q_1; Q_3]$**
**Dynamics of stabilographic parameters in single figure skaters
in tests with open and closed eyes, $Me [Q_1; Q_3]$**

Показатель	Контрольная группа (<i>n</i> = 23)		Основная группа (<i>n</i> = 23)		<i>p</i> _{АКТ-ЛОГ}	δ
	фон	через 3 мес.	фон	через 3 мес.		
Проба с открытыми глазами						
<i>S</i> _{эл} , мм ²	86,9 [75,1; 99,2]	105,3* [94,6; 117,2]	86,8 [76,8; 96,3]	78,4* [65,6; 90,9]	0,0001	0,64
<i>V</i> _{ср} , мм/с	9,5 [8,2; 10,7]	8,2* [7,7; 8,8]	9,4 [8,4; 10,5]	7,3* [7,1; 7,7]	0,021	0,40
МВ, мм ² /с	2,4 [2,1; 2,6]	1,7* [1,5; 1,7]	2,4 [2,2; 2,7]	1,5* [1,4; 1,5]	0,019	0,40
НПВ, мм ² /с	0,26 [0,25; 0,27]	0,19* [0,18; 0,21]	0,27 [0,26; 0,30]	0,18* [0,16; 0,19]	0,019	0,40
КРИНД, %	16,5 [15,4; 17,3]	20,9* [19,5; 20,7]	16,9 [15,3; 18,0]	19,4* [18,6; 20,1]	0,024	0,39
КАУС, %	0,04 [−0,33; 0,20]	−2,67* [−3,19; −1,83]	0,70 [−1,60; 1,20]	−1,40* [−2,50; −0,80]	0,024	0,39
КАЛСх, %	0,11 [−0,42; 0,54]	−0,06 [−0,12; 0,20]	0,11 [−0,19; 0,44]	0,44* [0,32; 0,56]	0,013	0,43
КАЛСу, %	−0,33 [−0,64; −0,03]	−1,70* [−1,80; −1,60]	0,38 [−0,77; 0,74]	−1,50* [−2,10; −1,40]	0,020	0,40
КАНУС, %	−1,3 [−3,2; 0,6]	−5,0* [−5,3; −4,5]	−2,2 [−3,5; 1,5]	−3,8* [−4,1; −2,4]	0,018	0,41
Проба с закрытыми глазами						
<i>S</i> _{эл} , мм ²	164,5 [132,4; 188,1]	170,8* [135,4; 184,5]	164,3 [145,4; 182,3]	139,1* [134,4; 143,6]	0,024	0,76
<i>V</i> _{ср} , мм/с	12,9 [11,2; 14,6]	11,9* [11,1; 12,7]	12,8 [11,4; 14,2]	10,8* [10,4; 11,1]	0,043	0,32
МВ, мм ² /с	4,2 [3,8; 4,5]	3,6* [3,4; 3,8]	4,3 [4,2; 4,5]	3,3* [3,1; 3,5]	0,010	0,44
НПВ, мм ² /с	0,44 [0,43; 0,46]	0,39* [0,36; 0,43]	0,44 [0,41; 0,47]	0,33* [0,31; 0,35]	0,018	0,41
КРИНД, %	18,1 [17,6; 18,5]	17,1* [15,9; 18,1]	18,1 [17,2; 19,4]	15,4* [14,8; 15,8]	0,020	0,40
КАУС, %	−9,40 [−11,20; −9,10]	−17,70* [−19,50; −16,90]	−9,70 [−11,00; −9,03]	−20,60* [−21,70; −19,30]	0,025	0,38

Окончание таблицы

Показатель	Контрольная группа (n = 23)		Основная группа (n = 23)		$p_{\text{АКТ-ЛОГ}}$	δ
	фон	через 3 мес.	фон	через 3 мес.		
Проба с закрытыми глазами						
КАЛСх, %	2,2 [1,8; 2,4]	-7,2* [-7,5; -7,0]	1,9 [1,8; 2,5]	-6,7* [-6,9; -6,4]	0,011	0,44
КАЛСу, %	0,81 [0,77; 0,87]	-1,30* [-1,70; -1,00]	0,80 [0,70; 1,20]	-0,80* [-0,94; -0,62]	0,018	0,41
КАНУС, %	-24,0 [-25,7; -18,6]	-30,6* [-31,9; -30,6]	-20,2 [-23,5; -19,4]	-32,1 [-34,4; -30,2]	0,063	0,32

Примечание: * – установлены статистически значимые отличия ($p < 0,05$ по критерию Уилкоксона) показателей от фона внутри группы; $p_{\text{АКТ-ДОГ}}$ – уровень межгрупповых различий изменений показателей по двустороннему критерию Манна–Уитни; δ – дельта Клиффа, характеризующая величину эффекта при межгрупповом сравнении изменений показателей: $|\delta| < 0,147$ – незначительный; $0,147 \leq |\delta| < 0,33$ – малый; $0,33 \leq |\delta| < 0,474$ – средний; $|\delta| \geq 0,474$ – большой.

фоне умеренной редукции скоростных характеристик, тогда как в ОГ формировался более упорядоченный и экономичный паттерн колебаний ЦД.

В КГ $S_{\text{эл}}$ по медиане увеличилась на 21,2 % в пробе с открытыми глазами ($p < 0,05$), тогда как в пробе с закрытыми отмечалось умеренное увеличение – на 3,8 % ($p < 0,05$), что отражает расширение пространственного диапазона постуральных колебаний при наличии зрительного контроля. На этом фоне $V_{\text{ср}}$ снизилась на 13,8 % при открытых глазах ($p < 0,05$) и на 7,7 % при закрытых ($p < 0,05$). КРИНД повысился на 26,7 % в пробе с открытыми глазами ($p < 0,05$), что указывает на рост дискретности корректирующих постуральных реакций. Параметры, характеризующие распределение векторов скорости и ускорения движения ЦД (МВ и НПВ), продемонстрировали снижение соответственно на 29,2 и 27,3 % в пробе с открытыми глазами ($p < 0,05$) и на 14,3 и 11,4 % в пробе с закрытыми глазами ($p < 0,05$).

В отношении коэффициентов асимметрии в КГ отмечена выраженная, но неоднородная динамика. В пробе с открытыми глазами почти все исследованные коэффициенты асимметрии значительно возрастали по модулю, что отражает

усиление пространственной неоднородности постуральных реакций на фоне расширения диапазона колебаний ЦД. При закрытых глазах асимметрия по угловой скорости и накопленному углу смещения сохранялась, тогда как по фронтальной и сагиттальной составляющим регистрировались дополнительные сдвиги, указывающие на перестройку пространственной организации постурального контроля в условиях ограниченного зрительного афферентного обеспечения.

В ОГ динамика стадиографических показателей имела иной характер. Так, $S_{\text{эл}}$ снизилась на 9,7 % в пробе с открытыми глазами ($p < 0,05$) и на 15,3 % в пробе с закрытыми глазами ($p < 0,01$), что в совокупности указывает на последовательное сужение пространственного диапазона колебаний ЦД под влиянием модуляции нейромышечного тонуса. Помимо этого, $V_{\text{ср}}$ уменьшилась на 22,3 % при открытых глазах ($p < 0,01$) и на 15,5 % при закрытых ($p < 0,01$). МВ и НПВ снизились на 37,5 и 33,3 % соответственно в пробе с открытыми глазами ($p < 0,01$) и на 23,3 и 25,0 % в пробе с закрытыми глазами ($p < 0,01$). КРИНД увеличился на 15,0 % в пробе с открытыми глазами ($p < 0,01$), но снизился на 14,9 % в пробе с закрытыми ($p < 0,01$).

В пробе с открытыми глазами в ОГ наблюдались умеренные изменения асимметрии, без выхода показателей за пределы физиологических значений. В условиях закрытых глаз по фронтальной и, особенно, по сагиттальной составляющим скорости, а также по накопленному углу смещения зафиксировано снижение коэффициентов асимметрии, что свидетельствует о нормализации симметрии постуральной организации.

Сравнительный анализ показал статистически значимые межгрупповые различия по ряду стабильнографических показателей как при открытых, так и при закрытых глазах. Для интегральных индексов, характеризующих пространственно-временную организацию колебаний ЦД ($S_{эл}$, $V_{ср}$, МВ, НПВ), а также для ряда коэффициентов асимметрии межгрупповые различия соответствовали эффектам средней величины, что указывает на преимущество ОГ по показателям экономичности и симметричности постурального контроля.

Обсуждение. Интерпретация полученных данных основывалась на анализе совокупного паттерна изменений стабильнографических параметров, поскольку отдельные показатели не являются прямыми маркерами специфических физиологических механизмов. Выявленные различия в динамике указывают на модификацию постуральных стратегий, сформированных в процессе многолетней подготовки в фигурном катании, под влиянием предлагаемых техник воздействия на нейромышечный тонус преимущественно паравертебральной мускулатуры. В обеих группах сохранялась высококоординационная стратегия постурального контроля, однако в ОГ выявлены признаки более экономичного и симметричного варианта реализации этой стратегии.

Для КГ характерно сочетание увеличения $S_{эл}$ с умеренным снижением $V_{ср}$ и векторных показателей, а также с ростом КРИНД в пробе с открытыми глазами. В контексте техники фигурного катания это может отражать расширение «рабочего поля» постуральных колебаний, необходимого для выполнения сложных элементов на узкой опоре лезвия,

при сохранении достаточно активных корректирующих движений. Подобная адаптация обеспечивает устойчивость при многократных переменах положения сегментов и оси вращения, но сопровождается увеличением энергетических затрат и нагрузки на постуральные мышечные синергии [7]. Рост КРИНД при открытых глазах указывает на усиление дискретности и прерывистости корректирующих движений, что соответствует описанному M. Nardone et al. механизму, при котором стабилизация позы осуществляется преимущественно за счет усиления асимметричной активации мышечных синергий в условиях возросших требований к поддержанию равновесия [8]. Параллельное снижение МВ и НПВ отражает стабилизацию траектории ЦД, реализуемую главным образом как результат сглаживания высокочастотных флуктуаций, что в работе C. Rossi et al. трактуется как проявление адаптивной оптимизации постурального контроля путем снижения избыточной вариабельности при сохранении повышенной амплитуды медленных колебаний ЦД [9]. В совокупности это свидетельствует о том, что в условиях возрастающей интенсивности монотонных прокатов соревновательной программы равновесие удерживается за счет гипертонуса мышц, появляются микродрожания.

В ОГ под влиянием 12-недельного курса модуляции нейромышечного тонуса наблюдался иной баланс показателей. В пробах с открытыми и закрытыми глазами $S_{эл}$ снижалась умеренно, тогда как $V_{ср}$ и векторные характеристики – более выражено. Такой паттерн соответствует более экономичному использованию рабочего диапазона колебаний ЦД: тело сохраняет достаточную свободу микродвижений, необходимую для быстрого перехода в сложные позы, но за счет более точных и предсказуемых корректирующих реакций [10]. Для фигуристов это означает возможность удерживать опорную позу с меньшей мышечной избыточностью, что важно для стабильности приземлений и качества удержания поз на вращениях.

Особый интерес представляют изменения асимметрии постурального контроля. В фигурном катании многолетняя тренировка опорной и толчковой ноги, однонаправленных вращений и асимметричной работы туловища закономерно формирует выраженный латеральный профиль постуральной активности [11]. В КГ усиление асимметрии по скоростным и угловым характеристикам отражает дальнейшее закрепление этого паттерна, что функционально поддерживает выполнение сложных элементов, но потенциально повышает нагрузку на доминирующую сторону. В ОГ на фоне модуляции нейромышечного тонуса отмечена умеренная нормализация асимметрии по линейным компонентам скорости в пробе с закрытыми глазами и накопленного угла смещения – с открытыми, что свидетельствует о более сбалансированном вовлечении правой и левой половин тела в стабилизацию позы и более равномерном распределении мышечно-тонической нагрузки. Такой сдвиг согласуется с данными о том, что тренировочные вмешательства, направленные на сенсомоторную коррекцию и контроль гипертонуса мышц, способны снижать избыточную

асимметрию и повышать эффективность постурального контроля [12, 13].

Показано, что мышечная энергетическая терапия и ПИР позволяют уменьшать избыточную активность мышц-стабилизаторов и улучшать координацию в задачах удержания позы [5, 7, 13]. Выявленные нами изменения скоростных и векторных показателей стабилотраммы в ОГ согласуются с приведенной концепцией. При этом следует отметить, что данные изменения отражают не абсолютный эффект таких воздействий, а совокупный результат тренировочного процесса и дополнительного фактора восстановления, повлиявших на характер адаптационных процессов фигуристов.

Таким образом, выявленные межгрупповые различия по ряду стабилотрафических показателей и эффекты преимущественно средней величины подтверждают перспективность включения техник модуляции нейромышечного тонуса в комплекс средств восстановления фигуристов с целью снижения физиологической цены адаптации к нагрузкам и риска функциональных перегрузок опорно-двигательного аппарата.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Список литературы

1. Мишин А.Н. Биомеханика движений фигуриста. М., 2021. 224 с.
2. Бадакв А.М., Миллер Н.В., Зобова Л.Н. Интеграция вестибулярного, зрительного и проприоцептивного входов в коре головного мозга при управлении движениями // Физиология человека. 2023. Т. 49, № 2. С. 99–107. <https://doi.org/10.31857/S0131164622600422>
3. Semchenko A.A., Nenasheva A.V., Tayebi S.M., Savchenkov A.V. The Effect of Hurdling Performance on the Adaptive Profile of Cerebral Blood Flow in Vestibular Irritation // Ann. Applied Sport Sci. 2021. Vol. 9, № 4. Art. № e1047.
4. Ивлев В.И., Шевцов А.В. Особенности афферентного обеспечения функции равновесия у фигуристов в подготовительном периоде // Соврем. вопр. биомедицины. 2026. Т. 10, № 1(36). https://doi.org/10.24412/2588-0500-2026_10_01_8
5. Krause A., Ritzmann R., Lee K., Freyler K., Gollhofer A. Acute Neuromuscular Modulation Enhances Postural Control after Whole-Body Vibration // Dtsch. Z. Sportmed. 2019. Vol. 70, № 1. P. 5–13. <https://doi.org/10.5960/dzsm.2018.357>
6. Исаев А.П., Эрлих В.В., Шевцов А.В., Малеев Д.О. Система подготовки спортивного резерва: возрастные особенности эффективной адаптации и сохранности здоровья подростков. СПб., 2018. 579 с.
7. Rigoni I., Degano G., Hassan M., Fratini A. Sensorimotor Recalibration of Postural Control Strategies Occurs after Whole Body Vibration // Sci. Rep. 2023. Vol. 13, № 1. Art. № 522. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-27117-7>

8. Nardon M., Sinha O., Kpankpa J., Albenze E., Bonnet C.T., Bertuccio M., Singh T. Prioritized Adjustments in Posture Stabilization and Adaptive Reaching During Neuromuscular Fatigue of Lower-Limb Muscles // *J. Appl. Physiol.* 2024. Vol. 137, № 3. P. 629–645. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00252.2024>
9. Rossi C., Bastian A.J., Therrien A.S. Mechanisms of Proprioceptive Realignment in Human Motor Learning // *Curr. Opin. Physiol.* 2021. Vol. 20. P. 186–197. <https://doi.org/10.1016/j.cophys.2021.01.011>
10. Sexton B.M., Liu Y., Block H.J. Increase in Weighting of Vision vs. Proprioception Associated with Force Field Adaptation // *Sci. Rep.* 2019. Vol. 9, № 1. Art. № 10167. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46625-7>
11. Иванова К.С., Заячук Т.В., Мавлиев Ф.А. Результаты апробации методики совершенствования техники вращений в одиночном фигурном катании на коньках на этапе спортивной специализации // *Наука и спорт: современ. тенденции.* 2018. Т. 20, № 3. С. 60–66.
12. Quijoux F., Nicolai A., Chairi I., Bargiotas I., Ricard D., Yelnik A., Oudre L., Bertin-Hugault F., Vidal P.-P., Vayatis N. et al. A Review of Center of Pressure (COP) Variables to Quantify Standing Balance in Elderly People: Algorithms and Open-Access Code // *Physiol. Rep.* 2021. Vol. 9, № 22. Art. № e15067. <https://doi.org/10.14814/phy2.15067>
13. Varjan M., Žiška Böhmerová L., Oreská L., Schickofer P., Hamar D. In Elderly Individuals, the Effectiveness of Sensorimotor Training on Postural Control and Muscular Strength Is Comparable to Resistance-Endurance Training // *Front. Physiol.* 2024. Vol. 15. Art. № 1386537. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1386537>

References

1. Mishin A.N. *Biomekhanika dvizheniy figurista* [Biomechanics of Figure Skaters' Movements]. Moscow, 2021. 224 p.
2. Badakva A.M., Miller N.V., Zobova L.N. Integration of Vestibular, Visual and Proprioceptive Inputs in the Cerebral Cortex During Movement Control. *Fiziologiya cheloveka*, 2023, vol. 49, no. 2, pp. 99–107 (in Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0131164622600422>
3. Semchenko A.A., Nenasheva A.V., Tayebi S.M., Savchenkov A.V. The Effect of Hurdling Performance on the Adaptive Profile of Cerebral Blood Flow in Vestibular Irritation. *Ann. Appl. Sport Sci.*, 2021, vol. 9, no. 4. Art. no. e1047.
4. Ivlev V.I., Shevtsov A.V. Afferent Mechanisms Underlying Balance Function in Figure Skaters During the Preparation Period. *Mod. Iss. Biomed.*, 2026, vol. 10, no. 1. https://doi.org/10.24412/2588-0500-2026_10_01_8
5. Krause A., Ritzmann R., Lee K., Freyler K., Gollhofer A. Acute Neuromuscular Modulation Enhances Postural Control after Whole-Body Vibration. *Dtsch. Z. Sportmed.*, 2019, vol. 70, no. 1, pp. 5–13. <https://doi.org/10.5960/dzsm.2018.357>
6. Isaev A.P., Erlikh V.V., Shevtsov A.V., Maleev D.O. *Sistema podgotovki sportivnogo rezerva: vozrastnye osobennosti effektivnoy adaptatsii i sokhraneniya zdorov'ya u podrostkov* [Sports Reserve Training System: Age-Related Features of Effective Adaptation and Health Maintenance in Adolescents]. Saint Petersburg, 2018. 579 p.
7. Rigoni I., Degano G., Hassan M., Fratini A. Sensorimotor Recalibration of Postural Control Occurs after Whole Body Vibration. *Sci. Rep.*, 2023, vol. 13, no. 1. Art. no. 522. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-27117-7>
8. Nardon M., Sinha O., Kpankpa J., Albenze E., Bonnet C.T., Bertuccio M., Singh T. Prioritized Adjustments in Posture Stabilization and Adaptive Reaching During Neuromuscular Fatigue of Lower-Limb Muscles. *J. Appl. Physiol.*, 2024, vol. 137, no. 3, pp. 629–645. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00252.2024>
9. Rossi C., Bastian A.J., Therrien A.S. Mechanisms of Proprioceptive Realignment in Human Motor Learning. *Curr. Opin. Physiol.*, 2021, vol. 20, pp. 186–197. <https://doi.org/10.1016/j.cophys.2021.01.011>
10. Sexton B.M., Liu Y., Block H.J. Increase in Weighting of Vision vs. Proprioception Associated with Force Field Adaptation. *Sci. Rep.*, 2019, vol. 9, no. 1. Art. no. 10167. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46625-7>
11. Ivanova K.S., Zayachuk T.V., Mavliev F.A. Results of Approbation of Rotation Refinement Techniques in Single Skating at the Stage of Sport Specialization. *Nauka i sport: sovremennye tendentsii*, 2018, vol. 20, no. 3, pp. 60–66 (in Russ.).
12. Quijoux F., Nicolai A., Chairi I., Bargiotas I., Ricard D., Yelnik A., Oudre L., Bertin-Hugault F., Vidal P.-P., Vayatis N. et al. A Review of Center of Pressure (COP) Variables to Quantify Standing Balance in Elderly People: Algorithms and Open-Access Code. *Physiol. Rep.*, 2021, vol. 9, no. 22. Art. no. e15067. <https://doi.org/10.14814/phy2.15067>
13. Varjan M., Žiška Böhmerová L., Oreská L., Schickofer P., Hamar D. In Elderly Individuals, the Effectiveness of Sensorimotor Training on Postural Control and Muscular Strength Is Comparable to Resistance-Endurance Training. *Front. Physiol.*, 2024, vol. 15. Art. no. 1386537. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1386537>

Поступила в редакцию 24.01.2026 / Одобрена после рецензирования 16.03.2026 / Принята к публикации 18.03.2026.
Submitted 24 January 2026 / Approved after reviewing 16 March 2026 / Accepted for publication 18 March 2026.