

**Механизмы влияния моторной асимметрии на темпо-ритмовую структуру в конькобежном спорте и пути ее минимизации**

Кузнецов Александр Игоревич

*Национальный государственный Университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург*

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема двигательной асимметрии как ключевого фактора, детерминирующего эффективность темпо-ритмовой структуры соревновательной деятельности в конькобежном спорте. Изучены комплексные механизмы негативного влияния асимметрии на темпо-ритмовую структуру, включающие биомеханический, энергетический и нейромышечный компоненты.

**Цель исследования** – теоретически обосновать механизмы негативного влияния двигательной асимметрии на темпо-ритмовую структуру бега в конькобежном спорте, разработать и экспериментально проверить эффективность комплексной методики ее коррекции.

**Методы и организация исследования.** Применили системный и биомеханический анализ, обзор научно-методической литературы, педагогическое наблюдение, педагогический эксперимент, методы математической статистики. Педагогический эксперимент проводили с участием квалифицированных конькобежцев в течение 12 недель.

**Результаты исследования и выводы.** Выявлены ключевые механизмы негативного влияния двигательной асимметрии на темпо-ритмовую структуру бега конькобежцев, среди которых основными являются биомеханический, энергетический и нейромышечный. Обоснована необходимость целенаправленной коррекции контралатеральной двигательной асимметрии путем установления тесной статистически значимой связи между снижением ее показателей и улучшением спортивного результата. По окончании педагогического эксперимента зафиксировано статистически достоверное улучшение ключевых параметров темпо-ритмовой структуры: снижение индекса асимметрии длины шага, повышение стабильности темпа и сокращение времени пробегания дистанции 500 м. Полученные данные свидетельствуют о высокой эффективности разработанного комплекса методов коррекции асимметрии и подтверждают целесообразность его внедрения в тренировочный процесс квалифицированных конькобежцев.

**Ключевые слова:** конькобежный спорт, темпо-ритмовая структура, двигательная асимметрия, биомеханика спорта, техническая подготовка.

**Mechanisms of locomotor asymmetry influence on tempo-rhythmic structure in speed skating and ways to minimize it**

Kuznetsov Aleksandr Igorevich

*Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, St. Petersburg*

**Abstract.** The article addresses the problem of locomotor asymmetry as a key factor determining the effectiveness of the tempo-rhythmic structure of competitive activity in speed skating. It examines the complex mechanisms through which asymmetry negatively affects the tempo-rhythmic structure, including biomechanical, energetic, and neuromuscular components.

**The purpose of the study** is to theoretically substantiate the mechanisms of the negative impact of locomotor asymmetry on the tempo-rhythmic structure of running in speed skating, and to develop and experimentally test the effectiveness of a comprehensive method for its correction.

**Research methods and organization.** Systemic and biomechanical analysis, a review of scientific and methodological literature, pedagogical observation, pedagogical experiment, and methods of mathematical statistics were applied. The pedagogical experiment was conducted with the participation of qualified speed skaters over a period of 12 weeks.

**Research results and conclusions.** Key mechanisms of the negative impact of locomotor asymmetry on the tempo-rhythmic structure of speed skaters' running have been identified, among which the main ones are biomechanical, energetic, and neuromuscular. The need for targeted correction of contralateral locomotor asymmetry has been substantiated by establishing a close, statistically significant relationship between the reduction of its indicators and the improvement of athletic performance. At the end of the pedagogical experiment, a statistically significant improvement in the key parameters of the tempo-rhythmic structure was recorded: a decrease in the step length asymmetry index, an increase in pace stability, and a reduction in the time to cover a 500 m distance. The obtained

data indicate the high effectiveness of the developed complex of methods for correcting asymmetry and confirm the advisability of its implementation in the training process of qualified speed skaters.

**Keywords:** speed skating, tempo-rhythmic structure, locomotor asymmetry, sports biomechanics, technical training.

**ВВЕДЕНИЕ.** Современный конькобежный спорт характеризуется исключительно высокими требованиями к эффективности двигательных действий, где решающее значение приобретает рациональная темпо-ритмовая структура бега. Под темпо-ритмовой структурой понимается комплексное единство темпа (частоты движений) и ритма (внутреннего временного порядка и соразмерности фаз движений) в цикле скольжения. Одним из ключевых, но недостаточно изученных факторов, дестабилизирующих темпо-ритмовую структуру, является двигательная асимметрия спортсмена, проявляющаяся в неравенстве кинематических, динамических и временных параметров при выполнении отталкиваний правой и левой ногой.

**МЕТОДИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.** Исследование проводилось в три этапа в течение 12 недель. На первом этапе (подготовительном) осуществлялся теоретический анализ и обобщение научно-методической литературы по проблеме двигательной асимметрии в циклических видах спорта, определялись цель и методы исследования. На втором этапе (констатирующем) проводилось первичное тестирование для оценки исходного уровня двигательной асимметрии и показателей темпо-ритмовой структуры у испытуемых. На третьем этапе (формирующем) был проведен педагогический эксперимент, в ходе которого апробировался разработанный комплекс методов коррекции двигательной асимметрии.

В исследовании приняли участие 20 квалифицированных конькобежцев (кандидаты в мастера спорта и мастера спорта). Методом случайной выборки испытуемые были разделены на две группы: экспериментальную (ЭГ, n=10) и контрольную (КГ, n=10). Обе группы были сопоставимы по уровню спортивной квалификации, возрасту и исходным показателям двигательной асимметрии.

В рамках специализированного тестирования были применены следующие методы и оценены следующие параметры:

1. Мощность отталкивания. Параметр оценивался с помощью тензоплатформы и методов видеоанализа при выполнении имитационного упражнения «прыжок вверх из посадки на левой и правой ноге».

2. Индекс асимметрии длины шага. Параметр представляет собой процентное отношение абсолютной разницы между средней длиной шага левой и правой ноги к средней длине шага.

3. Коэффициент вариации темпа. Данный показатель отражает стабильность темпа бега на дистанции 500 метров. Низкое значение коэффициента свидетельствует о равномерном поддержании темпа (количества шагов в минуту), что критически важно для эффективного распределения сил на дистанции.

4. Результат на дистанции 500 м. Данный показатель является интегральным критерием производительности и фиксирует общее время, затраченное спортсменом на преодоление дистанции.

Содержание методики коррекции двигательной асимметрии, применяемой в экспериментальной группе, включало четыре основных блока:

- Биомеханический контроль и оценка параметров моторной асимметрии [1];

- Внеледовая подготовка, включающая специализированные упражнения в процессе специальной физической и технической подготовки;
- Специализированные упражнения на льду;
- Нейромышечная коррекция.

Тренировочная программа для контрольной группы не содержала целенаправленных методов коррекции асимметрии.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.** В процессе исследования были изучены механизмы влияния асимметрии на темпо-ритмовую структуру. Влияние двигательной асимметрии на темпо-ритмовую структуру соревновательной деятельности в конькобежном спорте носит комплексный полифакторный характер, реализуясь через совокупность взаимосвязанных и взаимно отягощающих друг друга механизмов. Первичным и наиболее видимым проявлением выступает биомеханический механизм, который детерминирован морфофункциональными различиями между контралатеральными конечностями [2]. Он выражается в устойчивой диспропорции времени и мощности отталкивания конькобежца правой и левой ногой. Данная диспропорция порождает каскад негативных последствий: асимметричное отталкивание закономерно приводит к неравномерной длине шага, когда более мощная конечность генерирует удлиненный шаг, что систематически сбивает ритмический рисунок бега и вынуждает спортсмена предпринимать компенсаторные коррекции траектории движения, зачастую в ущерб результату. Параллельно наблюдается изменение угла отталкивания, обусловленное неидентичной техникой постановки и выведения конька из фазы отталкивания, что ведет к значительным векторным потерям и снижает эффективность трансформации мышечного усилия в горизонтальную составляющую скорости движения спортсмена, непосредственно определяющую результат. Кроме того, хроническая асимметричная нагрузка на опорно-двигательный аппарат инициирует дисбаланс в развитии мышечных групп и провоцирует преждевременное локальное утомление доминирующей стороны, еще более усугубляя технические погрешности по мере прохождения дистанции [3].

Непосредственным следствием описанных биомеханических нарушений является активизация энергетического механизма дестабилизации темпо-ритмовой структуры. Асимметричный характер работы выступает прямой причиной нерационального расхода метаболических ресурсов [4]. Компенсаторные движения, направленные на парирование вектора отталкивания и стабилизацию ритма, такие как избыточные повороты корпуса или корректирующие движения руками, требуют значительных дополнительных энергозатрат. Эти затраты увеличивают общие метаболические издержки деятельности, критически снижая функциональный резерв спортсмена и его способность к поддержанию заданного темпа на дистанции, что с наибольшей выраженностью проявляется на ее заключительном, решающем отрезке, где борьба идет за доли секунды.

Фундаментальной основой, порождающей и поддерживающей данные проявления, служит нейромышечный механизм. В его основе лежит функциональная асимметрия коркового представительства двигательных зон головного мозга, которая обуславливает врожденные или приобретенные различия в межмышечной координации. На практике это выражается в формировании неидентичных временных паттернов активации и релаксации мышечных групп – синергистов и антагонистов

при выполнении отталкивания контралатеральными конечностями. Разница в синхронизации работы, например, четырехглавой мышцы бедра, ягодичных мышц и мышц-стабилизаторов таза приводит к тому, что отталкивание одной ногой осуществляется в более оптимальном и экономичном режиме, чем другой. Эта разница в нейромышечном контроле напрямую дестабилизирует внутренний ритм бегового цикла, делая его «рваным» и менее предсказуемым, что в конечном итоге и препятствует формированию стабильной, высокоэффективной темпо-ритмовой структуры, характерной для высококвалифицированных спортсменов мирового уровня.

Проанализированы методы коррекции асимметрии и их влияние на темпо-ритмовую структуру. Устранение двигательной асимметрии представляет собой сложную педагогическую задачу, требующую целенаправленного и непрерывного воздействия, органично интегрированного в общую систему подготовки конькобежца [5, 6]. Эффективная коррекция возможна лишь при системном применении взаимодополняющих методов, объединенных в три основные группы: методы биомеханического контроля, специальной физической и технической подготовки и нейромышечной коррекции.

Первым и фундаментальным звеном данной системы являются методы биомеханического контроля и диагностики, обеспечивающие объективную количественную оценку существующей асимметрии [7]. Современная спортивная наука предлагает для этого широкий арсенал инструментальных средств. Видеокомпьютерный анализ техники бега с раздельной оценкой кинематических параметров отталкивания для правой и левой ноги — таких как длина и время взаимодействия со льдом, а также углов в коленном и тазобедренном суставах в ключевые фазы отталкивания — позволяет выявить скрытые технические дефекты. Для оценки асимметричности распределения усилий в фазе отталкивания незаменимы стабилометрия и контактные платформы, фиксирующие давление в различных точках стопы. Кроме того, использование инерционных измерительных систем (IMU), закрепленных на теле спортсмена, открывает возможности для получения объективных данных о темпе и ритме в реальном времени непосредственно в ходе тренировочной или соревновательной деятельности, что позволяет коррелировать субъективные ощущения с объективными биомеханическими показателями.

На основе данных, полученных в ходе диагностики, выстраивается комплекс методов специальной физической и технической подготовки, направленный на устранение выявленного дисбаланса. Этот комплекс включает в себя два основных блока. Внедровая подготовка базируется на симметрирующих упражнениях, целенаправленно развивающих отстающую конечность. К ним относятся различные варианты приседаний на одной ноге, выпадов, а также плиометрические упражнения, выполняемые с акцентом на мощность и взрывной характер отталкивания неведущей ногой. Специализированные упражнения на льду носят еще более прикладной характер. Такие задания, как длительное скольжение на одной ноге, способствуют выравниванию времени балансировки и улучшению контроля над ключевой фазой — фазой одноопорного скольжения. Выполнение отталкиваний под уклон позволяет сконцентрироваться на развитии мощности отталкивания неведущей ногой за счет изменения биомеханических условий. Для непосредственного воздействия на темпо-ритмовую структуру применяются ритмические задания под

метроном, который принудительно задает симметричный темп движений, способствуя формированию нового, более сбалансированного двигательного стереотипа. Особое значение имеет бег по повороту в непривычную сторону, который обеспечивает комплексное развитие мышц-стабилизаторов и создает непривычную нагрузку, разрушая укоренившиеся асимметричные паттерны.

Завершающим и интегрирующим элементом системы выступают методы идеомоторной и нейромышечной коррекции, воздействующие на центральные механизмы управления движением. Ментальная тренировка, заключающаяся в мысленном, многократном и идеально симметричном воспроизведении техники бега, способствует формированию и закреплению правильного нейродинамического образа движения без физических нагрузок. Наиболее современным и высокоэффективным подходом является применение технологии биологической обратной связи (БОС) по электромиографическим показателям [8]. Данный метод позволяет спортсмену в реальном времени визуализировать активность своих мышц на экране монитора и обучаться осознанному контролю над симметрией их напряжения, добиваясь сбалансированной работы мышечных антагонистов и синергистов обеих конечностей. Совокупное применение этих методов создает условия не только для устранения мышечного дисбаланса, но и для формирования принципиально новой, более рациональной и устойчивой темпо-ритмовой структуры соревновательного упражнения.

Для объективной оценки эффективности предложенной системы коррекции двигательной асимметрии был проведен педагогический эксперимент. В процессе подготовки в ЭГ (экспериментальной группе) применялся разработанный комплекс методов коррекции двигательной асимметрии, в то время как КГ (контрольная группа) тренировалась без учета коррекции двигательной асимметрии.

На рисунке 1 представлена сравнительная динамика индекса асимметрии мощности отталкивания в имитационных упражнениях в экспериментальной и контрольной группах.

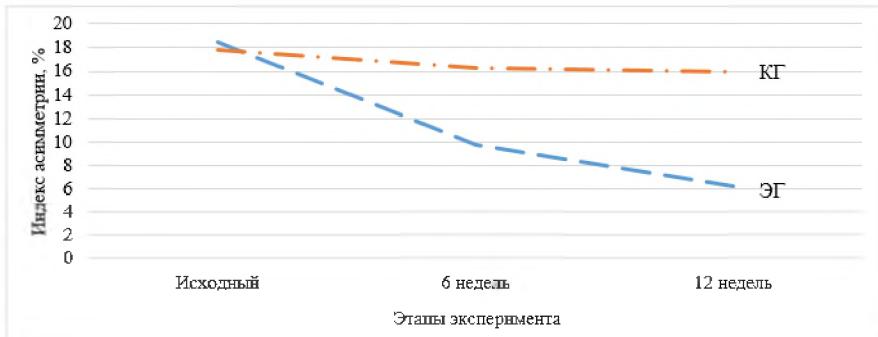


Рисунок 1 – Динамика индекса асимметрии мощности отталкивания (%) в экспериментальной (ЭГ) и контрольной (КГ) группах в ходе педагогического эксперимента

Анализ данных рисунка 1 показывает статистически значимое улучшение показателей индекса асимметрии в ЭГ. Если в начале эксперимента среднее значение составляло  $18,5 \pm 2,1\%$ , то после 6 недель тренировок этот показатель снизился до  $9,8 \pm 1,2\%$ , а к концу 12-й недели достиг значения  $6,2 \pm 0,8\%$ . В контрольной группе изменения были незначительными и статистически недостоверными: с  $17,8 \pm 1,9\%$

до  $16,3 \pm 1,7\%$  и  $15,9 \pm 1,8\%$  соответственно. Полученные данные свидетельствуют о высокой эффективности примененного комплекса коррекционных мероприятий.

Результаты педагогического эксперимента, наглядно представленные в таблице 1, подтверждают эффективность предложенного комплекса методов.

Таблица 1 – Влияние комплекса методов коррекции на показатели темпо-ритмовой структуры ( $M \pm m$ )

Показатель	Группа	До эксперимента	После эксперимента	Достоверность различий (p-value)
Индекс асимметрии длины шага, %	ЭГ (n=10)	$12,5 \pm 1,2$	$7,8 \pm 0,7$	< 0,05
	КГ (n=10)	$11,8 \pm 1,4$	$11,2 \pm 1,1$	> 0,05
Коэффициент вариации темпа на дистанции 500 м, %	ЭГ	$4,5 \pm 0,3$	<b><math>2,8 \pm 0,2</math></b>	< 0,01
	КГ	$4,4 \pm 0,4$	$4,3 \pm 0,3$	> 0,05
Результат на дистанции 500 м, с	ЭГ	$38,15 \pm 0,20$	<b><math>37,65 \pm 0,15</math></b>	< 0,05
	КГ	$38,22 \pm 0,18$	$38,10 \pm 0,17$	> 0,05

Как следует из данных, представленных в таблице 1, применение авторской методики коррекции в ЭГ привело к статистически значимым улучшениям по всем оцениваемым параметрам темпо-ритмовой структуры: индекс асимметрии длины шага снизился на 4,7%, стабильность темпа повысилась (коэффициент вариации уменьшился с 4,5% до 2,8%), а спортивный результат на дистанции 500 м улучшился на 0,5 с ( $p < 0,05$ ). В КГ аналогичные изменения были минимальны и статистически недостоверны.

Результаты исследования предоставляют убедительные доказательства эффективности целенаправленной коррекции двигательной асимметрии. Представленные данные демонстрируют выраженную положительную динамику по всем исследуемым биомеханическим и результативным параметрам. Полученные данные позволяют рекомендовать внедрение данного комплекса в тренировочный процесс квалифицированных конькобежцев для оптимизации темпо-ритмовой структуры и роста спортивных результатов.

**ВЫВОДЫ.** На основе проведенного исследования сформулированы следующие выводы. Определено, что двигательная асимметрия негативно воздействует на темпо-ритмовую структуру бега конькобежца через взаимосвязанные биомеханические, энергетические и нейромышечные механизмы, что приводит к нарушению ритмического рисунка бега, нестабильности темпа и повышению энергозатрат.

Педагогический эксперимент позволил выявить статистически значимое улучшение всех контролируемых параметров в экспериментальной группе: индекс асимметрии длины шага снизился с 12,5% до 7,8% ( $p < 0,05$ ); стабильность темпа повысилась — коэффициент вариации темпа уменьшился с 4,5% до 2,8% ( $p < 0,01$ ); и наиболее важное изменение — спортивный результат на дистанции 500 м улучшился с 38,15 с до 37,65 с ( $p < 0,05$ ).

Предложенный системный подход, интегрирующий биомеханический контроль, специализированные упражнения на льду и в зале, а также методы нейромышечной коррекции, включая биологическую обратную связь, доказал свою эффективность для целенаправленного формирования рациональной и устойчивой темпо-ритмовой структуры.

Таким образом, результаты исследования убедительно доказывают необходимость и высокую эффективность целенаправленной коррекции двигательной асимметрии в тренировочном процессе квалифицированных конькобежцев. Внедрение разработанного комплекса методов способствует оптимизации темпо-ритмовой структуры бега и напрямую ведет к росту спортивной результативности. Полученные данные имеют практическую ценность и могут быть адаптированы для использования в других циклических видах спорта.

**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Дьяченко Н. А., Кузнецов А. И., Дьяченко Ю. Н. Оценка параметров асимметрии в тренировочном процессе квалифицированных конькобежцев. DOI 10.18720/SPBPU/2/id23-160 // Спорт, Человек, Здоровье : материалы XI Международ. конгресса. Санкт-Петербург : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. С. 124–126. EDN BDNHLL.
2. Van H. Биомеханический анализ характеристик силы мышц нижних конечностей молодых конькобежцев. DOI 10.24158/spp.2025.6.20 // Общество: социология, психология, педагогика. 2025. № 6 (134). С. 172–178. EDN JLGTSS.
3. Сравнительные результаты сканирования позвоночника спортсменов / А. П. Исаев, В. В. Еписhev, Э. Э. Маматов, А. В. Ненашева // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование, здравоохранение, физическая культура. 2013. Т. 13, № 1. С. 39–47. EDN PYACBR.
4. Wilson J., Robertson D., Stodart J. Analysis of lower limb Muscle Funktion in Ergometer Rowing. DOI 10.1123/ijsb.4.4.315 // International journal of sport biomechanics. 1988. Vol. 4. P. 315–325.
5. Тюрина А. А. Особенности физической и технической подготовки юных конькобежцев для профилактики моторной асимметрии // Актуальные проблемы теории и практики физической культуры, спорта и туризма : материалы VII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов с международным участием. Том 1. Казань : Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, 2019. С. 174–176. EDN CRVMVP.
6. Концептуальная схема управления моторной асимметрией в циклических видах спорта аэробной направленности / С. С. Худик, А. И. Чижиков, А. Д. Бурмистров, А. Л. Войнич. DOI 10.17516/1997-1370-0713 // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Гуманитарные науки. 2021. Т. 14, № 2. С. 214–225. EDN CGEUKP.
7. Кичайкина Н. Б., Косьмин И. В., Самсонов Г. А. Технические аспекты биомеханики двигательных действий с позиций системного подхода и моделирования. Санкт-Петербург : Нац. гос. университет физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгатта, 2017. 97 с. EDN ZTKUEL.
8. Кузнецов А. И. Силовая асимметрия как критерий оценки реализации двигательных программ в конькобежном спорте. DOI 10.53742/1999-6799\_2021\_02\_19 // Физическая культура, спорт – наука и практика. 2021. № 2. С. 19–23. EDN TTZHUS.

**REFERENCES**

1. Dyachenko N. A., Kuznecov A. I., Dyachenko Ju. N. (2023), “Evaluation of asymmetry parameters in the training process of qualified speed skaters”, *Sport, People, Health*, Proceedings of the XI International Congress, St. Petersburg, April 26–28, 2023, Saint Petersburg, pp. 124–126, DOI 10.18720/SPBPU/2/id23-160.
2. Van H. (2025), “Biomechanical analysis of muscle strength characteristics in the lower extremities of young speed skaters”, *Society: Sociology, Psychology, Pedagogy*, no 6 (134), pp. 172–178, DOI 10.24158/spp.2025.6.20.
3. Isaev A. P., Epishev V. V., Mamatov Je. Je., Nenasheva A. V. (2013), “Comparative results of athletes' spine scans”, *Bulletin of South Ural State University. Series: Education, Healthcare, Physical Education*, Vol. 13, no 1, pp. 39–47.
4. Wilson J., Robertson D., Stodart J. (1988), “Analysis of lower limb Muscle Funktion in Ergometer Rowing”, *International journal of sport biomechanics*, vol. 4, pp. 315–325, DOI 10.1123/ijsb.4.4.315.
5. Tjurina A. A. (2019), “Features of physical and technical training of young speed skaters for the prevention of motor asymmetry”, *Current issues in the theory and practice of physical education, sports and tourism*, Proceedings of the VII All-Russian scientific and practical conference of young scientists, postgraduates, master's students and students with international participation, Vol. 1, Kazan', pp. 174–176.
6. Hudik S. S., Chikurov A. I., Burmistrov A. D., Vojnich A. L. (2021), “A conceptual framework for managing motor asymmetry in cyclic aerobic sports”, *Journal of the Siberian Federal University. Series: Humanities*, V. 14, no 2, pp. 214–225, DOI 10.17516/1997-1370-0713.
7. Kichajkina N. B., Kos'min I. V., Samsonov G. A. (2017), “Technical aspects of the biomechanics of motor actions from the standpoint of a systems approach and modeling”, Saint Petersburg, 97 p.
8. Kuznecov A. I. (2021), “Power asymmetry as a criterion for assessing the implementation of motor programs in speed skating”, *Physical education, sports - science and practice*, no 2, pp. 19–23, DOI 10.53742/1999-6799\_2021\_02\_19.

**Информация об авторах:** Кузнецов А.И., старший преподаватель кафедры теории и методики конькобежного спорта и фигурного катания, ORCID: 0009-0002-5438-6423, SPIN-код 9128-9791.

*Поступила в редакцию 30.09.2025.*

*Принята к публикации 20.11.2025.*