

Перспективным дальнейшим направлением в рамках проведенного исследования является разработка методики развития координационной выносливости на этапе начальной подготовки в современном пятиборье.

1. Додонова, Е. А. Особенности формирования координационной выносливости в комбинированных видах спорта / Е. А. Додонова // Олимпийский спорт и спорт для всех: материалы XXV Междунар. науч. конгр., Минск, 15–17 окт. 2020 г.: в 2-х ч. / Белорус. гос. ун-т физ. культуры; редкол.: С. Б. Репкин (гл. ред.), Т. А. Морозевич-Шилюк (зам. глав. ред.) [и др.]. – Минск: БГУФК, 2020. – Ч. 2. – С. 359–366.

2. Шомуратов, А. А. Содержание и структура многолетней подготовки спортсменов / А. А. Шомуратов // Молодой ученый. – 2017. – № 12 (146). – С. 592–596.

3. Додонова, Е. А. Возрастные особенности начального этапа в современном пятиборье / Е. А. Додонова // Инновационные формы и практический опыт физического воспитания детей и учащейся молодежи: сб. науч. ст. / Витеб. гос ун-т; редкол.: О. Н. Малах (гл. ред.) [и др.]. – Витебск: ВГУ им. П. М. Машерова, 2021. – С. 295–300.

4. Лях, В. И. Координационные способности школьников / В. И. Лях // Физическая культура в школе. – № 5. – 2000. – С. 3–11.

5. Бородин, В. А. Поговорим о координации / В. А. Бородин // Физическая культура в школе. – № 8. – 2006. – С. 25–27.

6. Иполитова, И. Парадоксальные движения. Развитие координационных способностей / И. Иполитова // Спорт в школе. – № 7. – 2015. – С. 44–46.

7. Григорьев, О. А. Для развития координационных способностей / О. А. Григорьев // Физическая культура в школе. – № 6. – 2001. – С. 46.

8. Листова, М. Л. Выносливость – важный показатель здоровья / М. Л. Листова // Физическая культура в школе. – № 5. – 2010. – С. 39–40.

9. Зданевич, А. А. Развитие координации и выносливости у детей школьного возраста / А. А. Зданевич // Физическая культура в школе. – № 3. – 1999. – С. 8–13.

*Дорожко А.С.*

Белорусский государственный университет физической культуры

*Чжан Чженьтин*

Белорусский национальный технический университет

## **ОЦЕНКА ДВИГАТЕЛЬНОЙ АСИММЕТРИИ ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ ТЕНЗОМЕТРИИ**

*Dorozhko A.S.*

Belarusian State University of Physical Culture

*Zhang Zhenting*

Belarusian National Technical University

## **EVALUATION OF MOTION ASYMMETRY OF CROSS-COUNTRY SKIERS USING STRAIN GAUGE SENSORS**

АННОТАЦИЯ. В статье рассматриваются возможности применения средств тензометрии в контроле технической подготовленности лыжников-гонщиков. Отра-

жен количественный подход к оценке двигательной асимметрии по величине генерируемой спортсменами пропульсивной силы в циклах лыжных локомоций. Предложен критерий, на основании которого предлагается осуществлять количественную оценку двигательной асимметрии. Обоснована необходимость коррекции тренировочного процесса лыжников-гонщиков с учетом индивидуальных профилей двигательной асимметрии.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** лыжные гонки; координация движений; двигательная асимметрия; сила; техническая подготовленность; педагогический контроль.

**ABSTRACT.** The article discusses the possibilities of using strain gauges in the control of technical preparedness of cross-country skiers. A quantitative approach to the assessment of motor asymmetry by the magnitude of the propulsive force generated by athletes in ski locomotion cycles is reflected. A criterion is proposed, on the basis of which it is proposed to carry out a quantitative assessment of motor asymmetry. The necessity of correction of the training process of cross-country skiers taking into account individual profiles of motor asymmetry is substantiated.

**KEYWORDS:** cross-country skiing; coordination of movements; motor asymmetry; strength; technical preparedness; pedagogical control.

**Введение.** Текущий уровень конкуренции на международной спортивной арене вынуждает специалистов разрабатывать и внедрять в практику новые методические подходы, направленные на выявление скрытых индивидуальных резервов для совершенствования различных сторон подготовленности спортсменов, в том числе и технической. Высокая скоординированность при выполнении основных элементов соревновательного упражнения, проявляемая как способность контролировать и дифференцировать величины основных кинематических и динамических параметров движений, а также распределять их в пространстве и времени, в большей степени способствует повышению эффективности двигательных действий, от чего непосредственно зависит достижение целевых результатов [1–3].

Качество реализации движений, в особенности при выполнении физических нагрузок близких к индивидуальным максимальным, определяет высокий уровень двигательной координации, который проявляется в зависимости от степени согласованности мышечной деятельности, что, в свою очередь, способствует снижению энергозатрат при выполнении упражнения, поскольку спортсмен не затрачивает дополнительных усилий на ликвидацию возникающих внешних возмущений (изменение направления движения с прямолинейного на криволинейное, колебания сегментов тела или их совокупности, наличие «лишних» движений и т. д.) [4].

В лыжных локомоциях наиболее эффективное движение биомеханической системы обеспечивается в основном за счет высокой степени скоординированности движений, способствующей развитию оптимального пропульсивного воздействия [5]. В том числе сообщалось, что для лучших лыжников-гонщиков характерно симметричное распределение усилий между правой и левой конечностями при отталкивании [6], а кроме того, было обнаружено, что среди высококвалифицированных лыжников в гонках на 30 км в составе первой десятки оказываются спортсмены с минимальной асимметрией верхних и нижних конечностей [7]. Соответственно, проблема оценки двигательной асимметрии в лыжных локомоциях является одной

из актуальных задач педагогического контроля как основы управления тренировочным процессом спортсменов.

На сегодняшний день существует ряд подходов в регистрации и оценке двигательной асимметрии, включающих в себя как общепедагогические методы, так и тестовые задания специальной направленности (проба на точность попадания, динамометрия отдельных мышечных групп, треморометрия и др.) [8, 9]. На наш взгляд, симметричность движений спортсменов может быть объективно и достоверно оценена только при выполнении соревновательного упражнения в условиях, максимально приближенных к реальным. В случае лыжных гонок это может быть осуществимо посредством регистрации генерируемых спортсменом усилий при передвижении на лыжероллерах в условиях искусственной управляющей среды, которые будут стандартными и воспроизводимыми. Поэтому целью исследования являлась экспериментальная апробация метода оценки двигательной асимметрии в лыжных локомоциях в условиях искусственной управляющей среды. Для реализации данного метода необходимо осуществить регистрацию величины силы, прикладываемой к инвентарю во время отталкиваний. После чего выполнить сравнительный анализ полученных величин посредством определения коэффициента симметричности движений.

**Методы и организация исследований.** С целью апробации метода оценки симметричности движений как составной части контроля технической подготовленности спортсменов нами было проведено пилотное исследование с участием трех высококвалифицированных лыжников-гонщиков (возраст  $25 \pm 4,6$  лет; сумма рейтинговых очков FIS спринтерского зачета  $83,5 \pm 30,9$  балла). Эксперимент состоял из нагрузочного тестирования спортсменов в условиях передвижения на лыжероллерном тредбане.

Программа тестирования включала в себя выполнение стандартного протокола, используемого в практике для оценки уровня подготовленности лыжников-спринтеров. Данный протокол основан на ступенчатом, через каждые 15 секунд, повышении на 0,25 м/с скорости ленты беговой дорожки тредбана до того момента, когда спортсмен, двигаясь на лыжероллерах, больше не мог поддерживать предлагаемую скорость [10]. Угол наклона тредбана при этом оставался неизменным и в нашем исследовании составлял  $5^\circ$ . При выполнении тестирования все спортсмены передвигались одновременным бесшажным ходом, который характеризуется симметричностью своей биомеханической структуры – одновременным отталкиванием от опоры обеими руками с применением лыжных палок. Во время выполнения упражнения фиксировались значения упругой деформации лыжных палок с использованием беспроводных тензодатчиков с верхней предельной частотой регистрации данных 242 Гц. По степени упругих деформаций инвентаря можно было судить о величине прикладываемой силы при выполнении отталкиваний.

Далее осуществлялось определение средних величин пропульсивной силы, приложенной к палкам, для левой и правой руки отдельно за каждый контрольный отрезок. Вычисления выполнялись по методу, предложенному Pellegrini с соавт. [11]. После данных математических операций осуществлялся расчет коэффициента симметричности ( $K_{\text{симм}}$ ) по следующей формуле:

$$K_{\text{симм}} = \frac{F_1 - F_2}{F_1},$$

где F1 – среднее значение пропульсивной силы при отталкивании левой палкой;

F2 – среднее значение пропульсивной силы при отталкивании правой палкой.

Положительные значения данного коэффициента свидетельствуют о преобладании значений пропульсивных сил правой палки, а отрицательные – левой.

Математическая обработка полученных экспериментальных данных производилась при помощи стандартных инструментов ПО Microsoft Excel 2019.

**Результаты исследования и их обсуждение.** По результатам проведенного исследования были получены данные, характеризующие симметричность движений верхних конечностей при передвижении одновременным бесшажным ходом с различной скоростью (таблица). Значения коэффициента симметричности отражают уровень двигательной асимметрии по величине генерируемой спортсменами пропульсивной силы в циклах лыжных локомоций, что оказывает влияние на качество движения биомеханической системы.

Значения коэффициента симметричности позволяют сделать выводы относительно ведущей конечности спортсмена. В частности, у спортсменов № 2 и № 3 ведущей конечностью является правая, а у спортсмена № 1 – левая.

Таблица – Показатели коэффициента симметричности при различной скорости передвижения

Скорость, м/с	4,00	4,25	4,50	4,75
Спортсмен № 1	-0,04	-0,05	-0,12	-0,20
Спортсмен № 2	0,01	0,06	0,02	0,09
Спортсмен № 3	0,55	0,54	0,55	0,50

Известно, что разница в симметричности движений, не превышающая 15 %, является допустимой двигательной асимметрией [12, 13]. Исходя из данной информации можно заключить, что спортсмен № 2 имеет симметричность по величине генерируемых пропульсивных сил близкую к оптимальной. У спортсмена № 1 с повышением скорости передвижения двигательная асимметрия увеличивалась, превысив допустимый интервал на скорости 4,75 м/с. Это может указывать на несовершенство биомеханической структуры высокоскоростной техники передвижения, или на неспособность спортсмена противостоять утомлению [7].

У спортсмена № 3 значения коэффициента симметричности свидетельствовали о значительной двигательной асимметрии, разница в величине генерируемой пропульсивной силы достигала 50 %. Такая достаточно сильная асимметрия может являться признаком существенных ошибок в технике движений, несимметричности развития мышечных групп, участвующих в отталкивании, или наличия патологий нервно-мышечной системы организма спортсмена. Разница в прикладываемой силе при одновременном отталкивании лыжными палками вызывает крутящий момент, приложенный к позвоночнику спортсмена, что вынуждает его тратить дополнительные мышечные усилия на обеспечение стабилизации разворота туловища относительно направления движения. Это, в свою очередь, отрицательно сказывается на энергетической экономизации движений, что может оказывать существенное влияние на соревновательный результат.

Очевидно, что асимметрия по величине развиваемой силы при выполнении отталкиваний в лыжных локомоциях, в большей степени ограничиваемая физиологическими особенностями организма спортсмена (внутримышечная координация, количество двигательных единиц и т. д.) или техническими ошибками, может поддаваться устранению посредством организации и планирования соответствующим образом учебно-тренировочного процесса.

**Заключение.** Результаты проведенного исследования позволяют сделать следующие **выводы:**

1. Предложенная методика оценки симметричности движений по величине генерируемых спортсменом пропульсивных сил во время выполнения отталкиваний в лыжных локомоциях позволяет объективно и с достаточной степенью точности выявить индивидуальные особенности двигательной асимметрии, силовой и технической подготовленности спортсменов.

2. Использование коэффициента симметричности как оценочного критерия обеспечивает повышение информативности мероприятий педагогического контроля и предоставляет возможность на основе полученной информации рационализировать содержание учебно-тренировочного процесса, повысив тем самым его эффективность.

3. Существенная двигательная асимметрия по проявлению пропульсивных сил отталкивания лыжными палками в относительно симметричных лыжных ходах приводит к рассогласованию биомеханической структуры движений, что, в свою очередь, создает дополнительные воздействия как на биомеханическую систему в целом, так и на отдельные ее составляющие. Для их ликвидации спортсмен вынужден затрачивать дополнительные энергетические ресурсы и выполнять нежелательные мышечные напряжения, что снижает экономичность и эффективность выполняемого упражнения.

4. Нарушение симметричности движений при повышении интенсивности соревновательного упражнения может указывать на ошибки в высокоскоростной технике передвижения. Информация о двигательной асимметрии, полученная при использовании предлагаемой методики, позволяет определить наиболее оптимальную биомеханическую структуру при передвижении с различной скоростью.

1. Иссурин, В. Б. Координационные способности спортсменов / В. Б. Иссурин, В. И. Лях. – М.: Спорт, 2019. – 210 с.

2. Берштейн, Н. А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности / Н. А. Берштейн. – М.: Медицина, 1966. – 350 с.

3. Гурфинкель, В. С. Н. А. Бернштейн и современные проблемы физиологии движений (к 100-летию со дня рождения) / В. С. Гурфинкель // Физиология человека. – 1996. – № 1 (22). – С. 124–130.

4. Персон, Р. С. Двигательные единицы и мотонейронный пул / Р. С. Персон. – Л.: Наука, 1976. – 69 с.

5. Biomechanical determinants of cross-country skiing performance: a systematic review / C. Zoppirolli [et al.] // Journal of Sports Sciences. – 2020. – Vol. 38, iss. 18. – P. 2127–2148.

6. Stöggl, R. Motor abilities and anthropometrics in youth cross-country skiing / R. Stöggl, E. Müller, T. Stöggl // Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. – 2015. – Vol. 25, iss. 1. – P. 70–81.

7. Цвелищев, В. Ю. Развитие специальных физических качеств и совершенствование двигательных действий лыжников-гонщиков старших разрядов с учетом асимметрии: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / В. Ю. Цвелищев. – Л., 1983. – 205 л.
8. Дорожко, А. С. Асимметрия латеральных мышечных групп как фактор организации перекрестных движений в лыжных локомоциях / А. С. Дорожко, Д. И. Гусейнов // Вестник спортивной науки. – 2020. – № 2. – С. 77–81.
9. Брагина, Н. Н. Функциональные асимметрии человека / Н. Н. Брагина, Т. А. Доброхотова. – М.: Медицина, 1988. – 240 с.
10. Stöggl, T. Testing concepts for the cross-country skiing sprint / T. Stöggl, S. Lindinger, E. Müller // Science and Nordic skiing / ed. V. Linnamo, P. V. Komi, E. Muller. – Oxford, 2007. – P. 159–170.
11. Pellegrini, B. Poling force analysis in diagonal stride at different grades in cross country skiers / B. Pellegrini, L. Bortolan, F. Schena // Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. – 2011. – Vol. 21, iss. 4. – P. 589–597.
12. Noyes, F. R. Abnormal lower limb symmetry determined by function hop tests after anterior cruciate ligament rupture / F. R. Noyes, S. D. Barber, R. E. Mangine // American Journal of Sports Medicine. – 1991. – No. 19. – P. 513–518.
13. Peters, M. Footedness: Asymmetries in foot preference and skill and neuropsychological assessment of foot movement / M. Peters // Psychological Bulletin. – 1988. – No. 103 (2). – P. 179–192.

*Дорожко А.С.*

Белорусский государственный университет физической культуры

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОПУЛЬСИВНЫХ СИЛ  
В «ПАССИВНЫХ» ФАЗАХ ЦИКЛА КОНЬКОВОГО  
ОДНОВРЕМЕННОГО ОДНОШАЖНОГО ХОДА**

*Dorozhko A.S.*

Belarusian State University of Physical Culture

**METHOD FOR DETERMINING PROPULSION FORCES  
IN THE “PASSIVE” PHASES OF THE CYCLE OF THE G3 (V-1)  
CROSS-COUNTRY SKIING TECHNIQUE**

**АННОТАЦИЯ.** Работа посвящена проблеме достоверной оценки генерации спортсменами пропульсивных сил при передвижении на лыжероллерах коньковыми ходами. С целью определения значений параметров пропульсивных сил, возникающих от опорных взаимодействий нижних конечностей, применялись инструментальные методы тензометрии и видеозахвата движений, позволяющие оценивать кинематические и динамические параметры лыжных передвижений в условиях лыжероллерного тредбана. Приведены данные о величине пропульсивных сил в различных фазах цикла, выполнен анализ полученных результатов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** лыжные гонки; биатлон; техника лыжного бега; пропульсивная сила; видеозахват движений; беспроводная тензометрия.