



## Особенности работоспособности отдельных групп мышц и наличие функциональных асимметрий у лыжников-гонщиков и легкоатлетов-бегунов: оригинальное исследование

Федулова Д.В.<sup>1,\*</sup>, Бердюгин К.А.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> ГАУЗ СО Центр специализированных видов медицинской помощи «Уральский институт травматологии и ортопедии имени В.Д. Чаклина», Екатеринбург, Россия

### РЕЗЮМЕ

**ВВЕДЕНИЕ.** Каждый вид спорта, с учетом регулярности тренировочной деятельности, влияет на развитие опорно-двигательного аппарата, мышечной системы и может быть причиной функциональных двигательных асимметрий. Циклические виды спорта, которые в своей основе имеют многократное повторение двигательного действия, при формировании доминирующей стороны тела для успешного выполнения двигательного акта могут быть предпосылками к развитию дисбаланса работы мышц и появлению типичных спортивных травм и заболеваний. Ввиду данных особенностей актуальность приобретает ранняя диагностика спортсменов по формированию двигательных асимметрий, чтобы оценить их степень влияния на работу всего организма, создать условия и методическую базу для их коррекции.

**ЦЕЛЬ.** Выявление функциональных двигательных асимметрий у лыжников-гонщиков и легкоатлетов-бегунов, анализ работы мышц на предмет их силы и выносливости.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ.** В статье проанализированы результаты диагностики детей в возрасте 12–13 лет, занимающихся легкой атлетикой ( $n = 17$ ) и лыжными гонками ( $n = 18$ ). Тестирование проводилось на базе государственного автономного учреждения Свердловской области «Спортивная адаптивная школа паралимпийского и сурдлимпийского резерва» (г. Екатеринбург) на многофункциональном тренажере Humac Norm (США). Исследовались мышцы верхних и нижних конечностей в концентрическом режиме работы.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.** У спортсменов специализации «лыжные гонки», соревнующихся на дистанциях 3 и 5 км, выявлены двигательные асимметрии мышц сгибания и разгибания бедра. Показатели мышц отведения плеча и мышц передней поверхности бедра близки к дефициту. У легкоатлетов, бегающих на средние дистанции, не выявлено асимметричной работы организма. По показателям силы и выносливости мышц спортсмены специализации «легкая атлетика» продемонстрировали более высокие показатели по большинству исследуемых мышц.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** В дальнейшем исследование планируется продолжить с дополнением данных динамической диагностикой, анализом показателей использования мышц в беге и ходьбе и корреляцией значений с изокинетическим тестированием и постуральной диагностикой визуальных нарушений.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** двигательные асимметрии, сила мышц, выносливость мышц, легкая атлетика, лыжные гонки, циклические виды спорта, функциональное тестирование, Humac Norm.

**Для цитирования / For citation:** Федулова Д.В., Бердюгин К.А. Особенности работоспособности отдельных групп мышц и наличие функциональных асимметрий у лыжников-гонщиков и легкоатлетов-бегунов: оригинальное исследование. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(2):75-81. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-75-81>. [Fedulova D.V., Berdyugin K.A. Individual Muscle Groups Performance Capacity Features and Presence of Functional Asymmetries in Cross-Country Skiers and Runners: an Original Article. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2):75-81. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-75-81> (In Russ.)]

\***Для корреспонденции:** Федулова Дарья Владимировна, E-mail: [d.v.fedulova@urfu.ru](mailto:d.v.fedulova@urfu.ru);

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7289-3328>

Статья получена: 06.02.2023

Поступила после рецензирования: 03.03.2023

Статья принята к печати: 19.04.2023

# Individual Muscle Groups Performance Capacity Features and Presence of Functional Asymmetries in Cross-Country Skiers and Runners: an Original Article

 Darya V. Fedulova<sup>1,\*</sup>,  Kirill A. Berdyugin<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Ural Federal University, Yekaterinburg, Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> Ural Institute of Traumatology and Orthopedics, Yekaterinburg, Russia

## ABSTRACT

**INTRODUCTION.** Each sport, given the regularity of the training activity, affects the development of the musculoskeletal system and the muscular system and may cause functional motor asymmetries. Cyclical sports based on the repetition of the motor action, while forming the dominant side of the body for the successful implementation of a motor act, can be prerequisites for the development of an imbalance in muscle work and the appearance of typical sports injuries and diseases. In view of these features, early diagnostics of athletes on the formation of motor asymmetries becomes relevant in order to assess their degree of influence on the work of the whole body, to create conditions and methodological basis for their correction.

**AIM.** To identify functional motor asymmetries in cross-country skiers and runners, to analyze the work of muscles in terms of their strength and endurance.

**MATERIALS AND METHODS.** The article analyzes the results of diagnostics of children aged 12–13 years old involved in athletics (n = 17) and cross-country skiing (n = 18). Testing was carried out on the basis of the state autonomous institution of the Sverdlovsk region "Adaptive Paralympic and Deaflympic Reserve Sports School" (Yekaterinburg) on the Humac Norm (USA) multifunctional simulator. The muscles of the upper and lower extremities were studied in a concentric mode of operation.

**RESULTS AND DISCUSSION.** Motor asymmetries in hip flexion and extension muscles was revealed in cross-country skiers competing at 3 km and 5 km. Abduction and anterior thigh muscles were close to deficits. No asymmetric body work was detected in middle-distance runners. In terms of muscle strength and endurance, track and field athletes demonstrated higher performance in most of the studied muscles.

**CONCLUSION.** In the future, the study is planned to continue by supplementing the data with dynamic diagnostics, analysis of indicators of muscle use in running and walking, and correlation of values with isokinetic testing and postural diagnostics of visual impairments.

**KEYWORDS:** motor performance, muscle strength, physical endurance, performance capacity, athletes, skiing, endurance sports, functional test, Humac Norm.

**For citation:** Fedulova D.V., Berdyugin K.A. Individual Muscle Groups Performance Capacity Features and Presence of Functional Asymmetries in Cross-Country Skiers and Runners: an Original Article. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2): 75-81. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-75-81> (In Russ.).

\***For correspondence:** Darya V. Fedulova, E-mail: [d.v.fedulova@urfu.ru](mailto:d.v.fedulova@urfu.ru);

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7289-3328>

**Received:** 06.02.2023

**Revised:** 03.03.2023

**Accepted:** 19.04.2023

## ВВЕДЕНИЕ

Циклические виды спорта имеют своей особенностью многократное повторение двигательных циклов, воспроизводящих однотипные действия. В результате спортивная специализация своей направленностью может существенно влиять на развитие опорно-двигательного аппарата и формирование функциональных двигательных асимметрий.

В своем исследовании мы решили сравнить работу верхних и нижних конечностей у лыжников-гонщиков и легкоатлетов-бегунов, так как у этих видов спорта много общего: с одной стороны, в совершении двигательных действий участвуют и верхние, и нижние конечности, благодаря чему можно изучать целостность влияния вида спорта на симметричность развития

опорно-двигательного аппарата; с другой стороны, основная нагрузка при выполнении двигательного цикла накладывается на нижние конечности, можно наблюдать развитие устойчивости суставов и зависимость техники передвижения на мышечный дисбаланс; также оба вида спорта требуют хорошо развитых координационных способностей, благодаря чему можно анализировать развитие постральной устойчивости и биомеханических асимметрий.

Анализ научно-исследовательской литературы выявил следующие проблемные зоны у спортсменов данной специализации:

— в легкой атлетике — дисбаланс в работе мышц голени [6, 7] и мышц бедра [1], что приводит к нагрузочным травмам и заболеваниям: «колени бегуна» (пателлофемо-

ральный болевой синдром) [4, 5, 12], травмы голеностопного сустава, боли в районе надкостницы [11]. Плотников С.Г. в своем исследовании спортсменов-легкоатлетов высокого класса сообщает о преимущественных болях в правой ноге (35 случаев из 39) по отношению к левой [9];

— в лыжных гонках — дисбаланс в работе трапециевидной мышцы [10], ягодичных мышц (боли по ходу седалищного нерва), поясничного отдела позвоночника [10, 13], нарушение развития свода стопы [2, 8].

У лыжников двигательные асимметрии чаще всего связаны с ведущей стороной и наличием одностороннего преобладания [3, 8, 10].

## ЦЕЛЬ

Выявление функциональных двигательных асимметрий у лыжников-гонщиков и легкоатлетов-бегунов, анализ работы мышц на предмет их силы и выносливости.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на базе государственного автономного учреждения Свердловской области «Спортивная адаптивная школа паралимпийского и сурдлимпийского резерва» на биомеханической лечебно-диагностической системе Humac Norm (CSMi Medical Solutions, США). В нем приняли участие 35 детей в возрасте 12–13 лет, занимающихся легкой атлетикой и не имеющих ограничения в состоянии здоровья (17 детей: 7 мальчиков, 10 девочек) и лыжными гонками (18 детей: 9 мальчиков, 9 девочек), из детско-юношеской спортивной школы № 19 «Детский стадион». Диагностика проводилась среди легкоатлетов-бегунов, которые соревнуются на средних дистанциях (200 м, 400 м, 800 м), и лыжников-гонщиков, которые в основном соревнуются на дистанциях 3 км и 5 км. Уровень спортивного мастерства исследуемых — юношеские и взрослые спортивные разряды. Средний срок занятий  $3,1 \pm 0,46$  года.

На многофункциональном тренажере Humac Norm (рис. 1) тестировались мышцы передней и задней поверхности бедра, мышцы разгибания и сгибания бедра, мышцы отведения и приведения плеча, мышцы разгибания и сгибания плеча. Данные мышечные комплексы были выбраны, чтобы получить целостное представление по работе опорно-двигательного аппарата основных больших мышечных групп.

Тестирование проводилось в концентрическом режиме мышечной работы в разных исходных положениях: мышцы передней и задней поверхности бедра тестировались в положении сидя, мышцы разгибания/сгибания бедра тестировались в положении лежа на спине; мышцы разгибания/сгибания и отведения/приведения плеча — в положении лежа на спине. Мышцы нижних конечностей тестировались с угловой скоростью на тренажере в 45 Гр/с, мышцы верхних конечностей — при угловой скорости на тренажере 30 Гр/с. Уровень дефицита мышц по исследуемым показателям выявлялся при повышении допустимого порога в 20 %, установленного протоколом системы. Перед выполнением тестирования спортсмены выполняли суставную разминочную гимнастику. При расположении тестируемого на диагностической системе Humac Norm было выполнено 5 пробных движений для адаптации к тесту в каждом исследуемом положении.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Средние значения силовых показателей мышц представлены на рис. 2. Самые высокие данные среди всех исследуемых мышц выявляются по мышцам разгибания бедра и далее по мышцам передней поверхности бедра. Спортсмены-легкоатлеты демонстрируют показатели выше, чем спортсмены-лыжники по большинству мышц. Наибольшие различия между группами выявлены по мышцам разгибания ( $p = 0,072$ ) и сгибания бедра ( $p = 0,006$ ). Статистическая достоверность различий выявлена только по мышцам сгибания бедра.



**Рис. 1.** Биомеханическая лечебно-диагностическая система Humac Norm (CSMi Medical Solutions, США)  
**Fig. 1.** Biomechanical treatment and diagnostic system Humac Norm (CSMi Medical Solutions, USA)

Спортсмены-лыжники, в свою очередь, представляют более высокие показатели по мышцам передней поверхности бедра, мышцам отведения и разгибания плеча, что соответствует влиянию техники передвижения в спортивной специализации. Однако данные различия минимальны по отношению к лыжникам-гонщикам и статистически недостоверны.

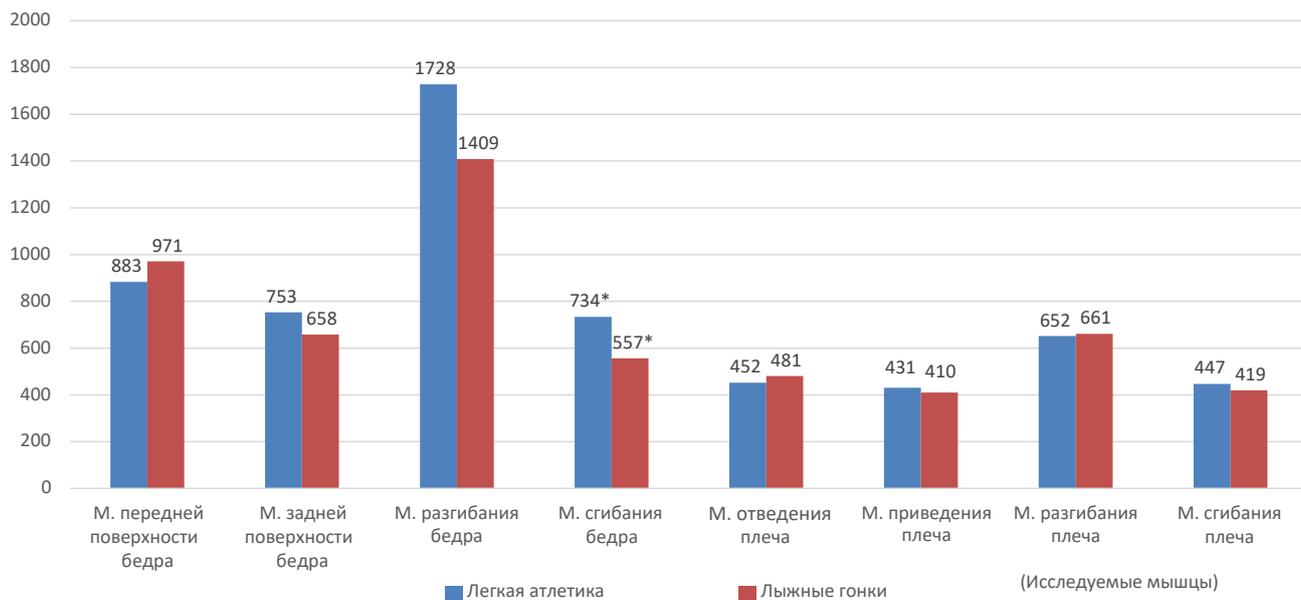
Показатели выносливости мышц (рис. 3) также наибольшую разницу выявляют по мышцам нижних конечностей, особенно по мышцам разгибания бедра. Мышцы верхних конечностей демонстрируют равные значения.

У лыжников-гонщиков сильнее в выносливости мышцы передней поверхности бедра и мышцы отведения

плеча, остальные показатели выше у легкоатлетов-бегунов.

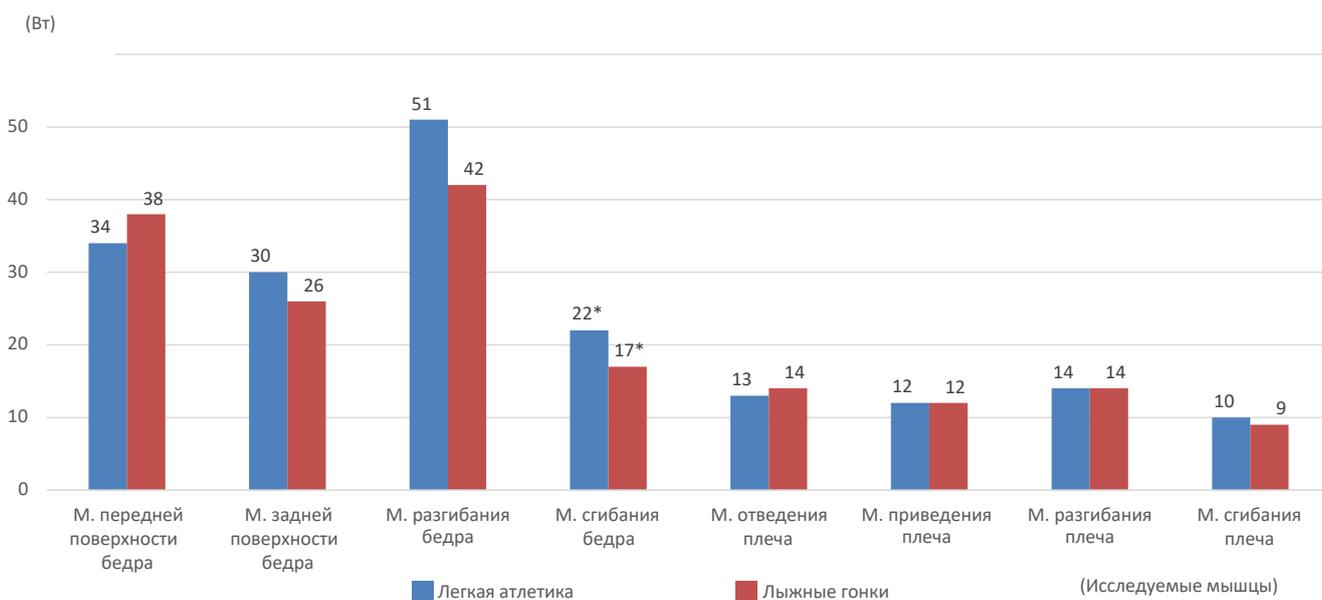
Для выявления функциональных асимметрий были рассмотрены показатели дефицита по силе и выносливости мышц (табл. 1). В норме допустимым значением дефицита силы и выносливости мышц одной стороны тела в отличие от другой является показатель 20, который подразумевает небольшое преобладание результатов ведущей руки, опорной/толчковой ноги. Результаты выше данного значения свидетельствуют об асимметрии.

У легкоатлетов-бегунов в возрасте 12–13 лет не выявлено мышечной асимметрии ни по силе, ни по выносливости мышц. Мышцы передней поверхности бедра ( $18,09 \pm 5,21$ )



**Рис. 2.** Силовые показатели работы мышц (Н\*м)  
**Fig. 2.** Strength indicators of muscle work (N\*m)

**Примечание / Note:** \* —  $p \leq 0,05$ .



**Рис. 3.** Показатели выносливости мышц (Вт)  
**Fig. 3.** Muscle endurance indicators (W)

**Примечание / Note:** \* —  $p \leq 0,05$ .

близки к различиям дефицита, однако на данном этапе находятся в зоне допустимых значений нормы.

У лыжников-гонщиков по силе дефицит выявлен у мышц сгибания бедра ( $27,69 \pm 3,38$ ), мышц разгибания бедра ( $20,63 \pm 3,12$ ); показатели мышц отведения плеча ( $19 \pm 2,74$ ) и мышц передней поверхности бедра ( $18 \pm 3,22$ ) близки к асимметрии. Мышцы сгибания бедра также асимметричны в показателе выносливости ( $26,75 \pm 3,53$ ).

Наибольшие отличия между группами данных спортивных специализаций отражаются в мышцах сгибания бедра: у легкоатлетов данный показатель самый низкий ( $4,82 \pm 1,68$ ), у лыжников — самый высокий ( $27,69 \pm 3,38$ ).

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в статье представлена сравнительная диагностика работоспособности отдельных групп

**Таблица 1.** Средние показатели дефицита по силе и выносливости мышц,  $M \pm m$

**Table 1.** Average indicators of deficiency in strength and muscle endurance,  $M \pm m$

Исследуемые мышцы / Muscles under study	Специализация / Specialization	Дефицит по силе мышц / Deficiency in muscle strength	Дефицит по выносливости мышц / Muscle endurance deficiency
Мышцы передней поверхности бедра / Muscles of the anterior thigh	Легкая атлетика / Track and field (n = 17)	$18,09 \pm 5,21$	$17,91 \pm 5,11$
	Лыжные гонки / Cross-country skiing (n = 18)	$18 \pm 3,22$	$17,13 \pm 3,11$
Мышцы задней поверхности бедра / Muscles of the back of the thigh	Легкая атлетика / Track and field (n = 17)	$12,73 \pm 4$	$14,82 \pm 4,03$
	Лыжные гонки / Cross-country skiing (n = 18)	$10,13 \pm 3,14$	$10,5 \pm 3,1$
Мышцы разгибания бедра / Muscles of the hip extension	Легкая атлетика / Track and field (n = 17)	$14,45 \pm 3,11$	$13,73 \pm 3,58$
	Лыжные гонки Cross-country skiing (n = 18)	$20,63 \pm 3,12$	$19,19 \pm 3,4$
Мышцы сгибания бедра / Muscles of hip flexion	Легкая атлетика / Track and field (n = 17)	$4,82 \pm 1,68$	$4,73 \pm 1,61$
	Лыжные гонки / Cross-country skiing (n = 18)	$27,69 \pm 3,38^*$	$26,75 \pm 3,53^*$
Мышцы отведения плеча / Shoulder abductor muscles	Легкая атлетика / Track and field (n = 17)	$16,82 \pm 3,4$	$18,91 \pm 3,51$
	Лыжные гонки / Cross-country skiing (n = 18)	$19 \pm 2,74$	$18,81 \pm 2,97$
Мышцы приведения плеча / Adductor muscles of the shoulder	Легкая атлетика / Track and field (n = 17)	$14,27 \pm 3,32$	$13,64 \pm 2,99$
	Лыжные гонки / Cross-country skiing (n = 18)	$12,94 \pm 2,76$	$14,38 \pm 3,26$
Мышцы разгибания плеча / Shoulder extension muscles	Легкая атлетика / Track and field (n = 17)	$14,91 \pm 2,18$	$17,91 \pm 3$
	Лыжные гонки / Cross-country skiing (n = 18)	$13,75 \pm 2$	$13,13 \pm 2,46$
Мышцы сгибания плеча / Shoulder flexor muscles	Легкая атлетика / Track and field (n = 17)	$13,55 \pm 2,81$	$13,73 \pm 2,95$
	Лыжные гонки / Cross-country skiing (n = 18)	$15,25 \pm 2,51$	$17,13 \pm 3,16$

**Примечание:**\* —  $p \leq 0,05$  изменения достоверны относительно специализации «легкая атлетика».

**Notes:**\* —  $p \leq 0.05$  changes are significant in relation to the track and field athletics specialization.

мышц лыжников-гонщиков и легкоатлетов-бегунов, а также определение наличия функциональных асимметрий конечностей внутри каждой исследуемой группы.

Так, наибольшее влияние спортивной специализации на работу опорно-двигательного аппарата накладывают лыжные гонки. У спортсменов в возрасте 12–13 лет статистически достоверные двигательные асимметрии выявлены по мышцам сгибания (по силе мышц  $27,69 \pm 3,38^*$ ; по выносливости мышц  $26,75 \pm 3,53^*$ ) и разгибания бедра (по силе мышц  $20,63 \pm 3,12$ ) левой и правой конечностей. Показатели мышц отведения плеча и мышц передней поверхности бедра близки к дефициту, находятся на пограничном значении нормы. У легкоатлетов не выявлено асимметрии в работе исследуемых групп мышц.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Федулова Дарья Владимировна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры сервиса и оздоровительных технологий, Институт физической культуры, спорта и молодежной политики ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

E-mail: d.v.fedulova@urfu.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7289-3328>

**Бердюгин Кирилл Александрович**, доктор медицинских наук, профессор РАН, профессор кафедры сервиса и оздоровительных технологий, Институт физической культуры, спорта и молодежной политики ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»; заместитель директора по научной работе, ГАУЗ СО Центр специализированных видов медицинской помощи «Уральский институт травматологии и ортопедии имени В.Д. Чаклина».

E-mail: kiralber73@rambler.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2234-3111>

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают свое авторство в соответствии с международными критериями ICMJE (все авторы внесли значительный вклад в концепцию, дизайн исследования и подготовку статьи, прочитали и одобрили окончательный вариант до публикации).

### ADDITIONAL INFORMATION

**Daria V. Fedulova**, Ph.D. (Biol.), Associate Professor, Department of Service and Health Technologies, Institute of Physical Culture, Sports and Youth Policy, Ural Federal University.

E-mail: d.v.fedulova@urfu.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7289-3328>

**Kirill A. Berdyugin**, Dr.Sci. (Med.), Professor, Department of Service and Health Technologies, Institute of Physical Culture, Sports and Youth Policy, Ural Federal University; Deputy Director for Research, Center for Specialized Types of Medical Care, Ural Institute of Traumatology and Orthopedics.

E-mail: kiralber73@rambler.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2234-3111>

**Author Contributions.** All authors confirm their authorship according to the international ICMJE criteria (all authors contributed significantly to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special contributions: Fedulova D.V. —

Диагностика работоспособности отдельных групп мышц между группами данных спортивных специализаций выявила достоверные различия по показателям мышц сгибания бедра ( $p = 0,006$ ), остальные мышечные группы не имеют статистически значимых различий.

Предложенный подход диагностики может использоваться также и для оценки эффективности восстановительного лечения спортсменов с учетом их специализации. В дальнейшем исследование планируется продолжить с дополнением данных динамической диагностикой, анализом показателей использования мышц в беге и ходьбе и корреляцией значений с изокинетическим тестированием и постральной диагностикой визуальных нарушений.

Наибольший вклад распределен следующим образом: Федулова Д.В. — разработка концепции статьи, получение и анализ фактических данных, написание и редактирование текста статьи, статистическая обработка данных, проверка и утверждение текста статьи; Бердюгин К.А. — разработка концепции статьи, получение и анализ фактических данных, проверка и утверждение текста статьи.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанных с проведенным исследованием и публикацией настоящей статьи.

**Этическое утверждение.** Авторы заявляют, что все процедуры, использованные в данной статье, соответствуют этическим стандартам учреждений, проводивших исследование, и соответствуют Хельсинкской декларации в редакции 2013 г. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ГАУЗ СО «ЦСВМП УИТО им. В.Д. Чаклина», протокол № 3 от 2.12.2022.

**Доступ к данным.** Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить по запросу у корреспондирующего автора.

development of the concept of the article, obtaining and analyzing the actual data, writing and editing the text of the article, statistical processing of data, checking and approving the text of the article; Berdyugin K.A. — development of the concept of the article, obtaining and analyzing the actual data, checking and approving the text of the article.

**Funding.** This study was not supported by any external funding sources.

**Disclosure.** The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

**Ethics Approval.** The authors state that all the procedures used in this paper comply with the ethical standards of the institutions that carried out the study and comply with the Helsinki Declaration as revised in 2013. The study was supported by the Local Ethics Committee of the Center for Specialized Types of Medical Care, Ural Institute of Traumatology and Orthopedics, (Protocol No. 3, 12.12.2022).

**Data Access Statement.** The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

## Список литературы / References

1. Andrade M.S., Silva W.A., De Lira C.A.B., Mascarin N.C., Vancini R.L., Nikolaidis P.T., Knechtle B. Isokinetic Muscular Strength and Aerobic Physical Fitness in Recreational Long-Distance Runners: A Cross-Sectional Study. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2022; 36(3): 73–80. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003837>.
2. Bahr R., Andersen S., Lken S. et al. Low back pain among endurance athletes with and without specific back loading—a cross-sectional survey of cross-country skiers, rowers, orienteers, and nonathletic controls. *Spine*. 2004; 29(4): 449–54. <https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000096176.92881.37>.
3. Promsri A., Longo A., Haid T. et al. Leg dominance as a risk factor for lower-limb injuries in downhill skiers—a pilot study into possible mechanisms. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019; 16(18): 3399. <https://doi.org/10.3390/ijerph16183399>.
4. Sinclair J., Chockalingam N., Taylor P.J. Lower Extremity Kinetics and Kinematics in Runners with Patellofemoral Pain: A Retrospective Case — Control Study Using Musculoskeletal Simulation. *Applied Sciences*. 2022; 12(2): 585. <https://doi.org/10.3390/app12020585>.
5. Yang C., Best T.M., Lui H. Knee biomechanical factors associated with patellofemoral pain in recreational runners. *The Knee*. 2022; (35): 87–97. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2022.02.007>.
6. Абуталимова С.М., Костиук Е.В., Корягина Ю.В. Применение роботизированного комплекса CON-TREX для диагностики и коррекции дисбаланса мышц голени у спортсменов легкоатлетов. Современные вопросы биомедицины. 2018; 2(4): 63–68. [Abutalimova S.M., Kostiuk E.V., Koryagina Yu.V. The Use of the Robotic Complex Con-Trex Mj for the Diagnosis and Correction of an Imbalance of Leg Muscles in Athletes. *Issues of Biomedicine*. 2018; 2(4): 63–68 (In Russ.).]
7. Епишев В.В., Рябина К.Е., Исаев А.П., Эрлих В.В. Постуральный баланс у легкоатлетов-бегунов на средние дистанции. Российский журнал биомеханики. 2017; 21(2): 166–177. [Epishev V.V., Ryabina K.E., Isaev A.P., Erlich V.V. Postural Balance in Middle-Distance Runners. *Russian Journal of Biomechanics*. 2017; 21(2): 166–177 (In Russ.).]
8. Игнатьева Л.Е., Четайкина О.В. Исследование функциональной моторной асимметрии лыжников-гонщиков в аспекте профилактики травматизма. Вестник спортивной науки. 2020; (1): 18–21. [Ignatyeva L.E., Chetaykina O.V. Research of Functional Motor Asymmetry of Ski-Racers in the Aspect of Prevention of Injuries. *Sports Science Bulletin*. 2020; (1): 18–21 (In Russ.).]
9. Плотников С.Г., Марьяновский А.А. Прогноз травматизма в легкой атлетике с учетом двигательной асимметрии. Теория и практика физической культуры. 2008; (10): 75–80. [Plotnikov S.G., Maryanovskiy A.A. Injury prognosis in athletics with regard to motor asymmetry. *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury*. 2008; (10): 75–80 (In Russ.).]
10. Плотников С.Г., Марьяновский А.А. Функциональное состояние элитных спортсменов-лыжников с учетом двигательной асимметрии. Теория и практика физической культуры. 2007; (1): 42–45. [Plotnikov S.G., Maryanovskiy A.A. Functional state of elite skiers with regard to motor asymmetry. *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury*. 2007; (1): 42–45 (In Russ.).]
11. Стрюков М.Г. Особенности травматизма бегунов-студентов, имеющих различный стаж занятий. Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2011; 9 (79): 141–144. [Strjukov M.G. Features of the Traumatism Among the Student-Runners with Various Training Experience. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*. 2011; 9 (79): 141–144 (In Russ.).]
12. Тенькова А.Н., Чуева Т.В., Лукашова К.А. Влияние систематических физических нагрузок на коленные суставы у спортсменов — «колени бегуна». Интегративные тенденции в медицине и образовании. 2021; (3): 79–81. [Tenkova A.N., Chueva T.V., Lukashkova K.A. Influence of systematic physical loads on knee joints in athletes — «runner's knee». *Integrative Tendencies in Medicine and Education*. 2021; (3): 79–81 (In Russ.).]
13. Худик С.С., Чикуров А.И., Войнич А.Л., Близнавский А.Ю. Асимметрия конькового хода биатлонистов и методы ее диагностики. Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. 2016; 4(38): 143–148. [Khudik S.S., Chikurov A.I., Voinich A.L., Bliznevskiy A.Iu. The Asymmetry of Biathletes, Skate Skiing and the Methods to Diagnose It. *The bulletin of KSPU named after V.P. Astafyev*. 2016; 4(38): 143–148 (In Russ.).]

