

## СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД ЗАРУБЕЖНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА МЕТОДОЛОГИЮ И ОРГАНИЗАЦИЮ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕХНИКО-ТАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ В БЕГОВЫХ ЛЫЖАХ

Ю.В. Корягина<sup>1,2</sup>, С.В. Нопин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», г. Ессентуки, Россия

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный научный центр физической культуры и спорта», г. Москва, Россия

**Аннотация. Введение.** Анализ технико-тактической подготовленности в беговых лыжах имеет методологические и технические сложности, что может негативно сказаться на валидности и воспроизводимости результатов, а также на возможности сопоставления данных различных исследований. **Методы.** Поиск научной информации о методологии и техническом инструментарии научных исследований в беговых лыжах. Глубина поиска – с 2000 года. **Результаты.** Исследователи рекомендуют стандартизировать и детализировать используемые методы и материалы и их документальное представление в научно-исследовательской работе так, чтобы описание методики обеспечивало возможность воспроизведения результатов исследования. Авторы разрабатывают нормативы и требования к условиям проведения и описания экспериментов, особенно касающихся техники и биомеханики передвижения на лыжах. **Заключение.** Учет представленных материалов в работе будет способствовать развитию научных исследований техники и биомеханики передвижения на беговых лыжах, а также повышению качества технико-тактической подготовки в этом виде спорта.

**Ключевые слова:** беговые лыжи, технико-тактическая подготовленность.

## A MODERN VIEW OF FOREIGN STUDIES ON THE METHODOLOGY AND ORGANIZATION OF RESEARCH ON TECHNICAL AND TACTICAL FITNESS IN CROSS-COUNTRY SKIING

Yu.V. Koryagina<sup>1,2</sup>, S.V. Nopin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, Essentuki, Russia

<sup>2</sup>Federal Scientific Center of Physical Culture and Sports, Moscow, Russia

**Abstract. Introduction.** The analysis of technical and tactical fitness in cross-country skiing disciplines has methodological and technical challenges that can negatively affect the reliability and reproducibility of the results, as well as the ability to compare data from various studies. **Methods.** We conducted a search for scientific data about the methodology and technical tools used in cross-country skiing research, starting from 2000. **Results.** The researchers recommend standardizing and documenting the methods and materials used in research so that the methodology's description makes it possible to reproduce the results. The authors also develop standards and requirements for conducting and reporting experiments, particularly regarding skiing technique and biomechanics. **Conclusion.** Considering the presented materials will contribute to the advancement of scientific research on the technique and biomechanics of cross-country skiing and improve the quality of technical and tactical training in this sport.

**Keywords:** cross-country skiing, technical and tactical fitness.

**Введение.** Около трети всех медалей на зимних Олимпийских играх 2026 года в Милане и Кортине-д'Ампеццо (Италия) были разыграны в дисциплинах беговых лыж (так называемых «узких лыж»): лыжных гонках, лыжном двоеборье и биатлоне. Эти виды спорта отличаются сложной биомеханикой и

высокими требованиями к развитию физических качеств. В беговых лыжах используются два стиля – коньковый и классический, каждый со своими подтехниками. Во время соревнований лыжники постоянно меняют технику, подстраиваясь под особенности трассы [1-5].

Анализ технико-тактической подготовленности в данных спортивных дисциплинах как в контролируемых лабораторных условиях, так и в условиях лыжных и лыжероллерных трасс имеет методологические и технические сложности. Это может негативно сказаться на валидности и воспроизводимости результатов, а также на возможности сопоставления данных различных исследований. Хотя полевые измерения, выполняемые на лыжах или лыжероллерах, демонстрируют повышенную внешнюю валидность, они ограничивают применение сложного лабораторного инструментария и подвержены влиянию таких внешних факторов, как метеорологические условия или состояние покрытия трасс. В связи с этим тестирование технико-тактических характеристик передвижения лыжников-гонщиков в помещении обеспечивает превосходную внутреннюю валидность, точность и надежность [5].

Целью данной работы явился анализ работ зарубежных ученых и специалистов, отражающих их современный взгляд на методологию и организацию научных исследований технико-тактической подготовленности в беговых лыжах.

**Методы и организация исследования.** Поиск научной информации о методологии и техническом инструментарии научных исследований в беговых лыжах (статьи, тезисы докладов специализированных конференций) проводился в базах данных PubMed, Researchgate, Академия Google. Глубина поиска с 2000 года.

**Результаты исследования и их обсуждение.** В своих научных публикациях по анализу техники, биомеханики, подготовленности и результатам в беговых лыжах зарубежные исследователи делают акцент на тщательном описании всех параметров участвующих в исследовании спортсменов, условий проведения экспериментальных исследований, используемого научного оборудования и лыжного инвентаря.

*Информация об испытуемых.* Авторы указывают, что необходимо представлять исчерпывающую информацию об испытуемых лыжниках. Должны быть перечислены все спортсмены, их характеристики, в том числе страна проживания, пол, возраст, рост и вес, уровень квалификации и подготовки на момент начала исследования. Уровень

спортивной подготовки лыжников следует определять по баллам FIS (Международная федерация лыжного спорта) или IBU (Международный союз биатлона). Если таких международных баллов нет, можно использовать национальные баллы (при наличии) или результаты национальных соревнований. Для юниоров и лыжников неэлитного уровня, которые редко участвовали в гонках FIS/IBU, необходимо указать их результаты в последних соревнованиях, а также стаж занятий спортом и/или биологический возраст и тренировочный стаж. Важно отметить уровень соревнований, в которых участвуют испытуемые, а также их членство в национальной команде (взрослой или юниорской). Рекомендуется указывать максимальное или пиковое потребление кислорода каждого участника, а также подробно описывать протокол измерения, включая использованную технику передвижения на лыжах (стиль и ход). Необходимо предоставить любую другую потенциально важную информацию, такую как предыдущий тренировочный опыт (например, количество тренировочных часов в неделю, типы тренировок и т.д.), критерии отбора и исключения участников исследования, особенности питания спортсменов [5-7].

За 24-48 часов до исследований тренировочные нагрузки должны быть стандартизированы, должны носить щадящий характер и указываться при описании работы. Лыжники, недавно получившие травмы, больные и/или принимающие лекарства, которые могут повлиять на результаты, не должны допускаться к участию. Разминка должна быть стандартизирована, необходимо описать ее интенсивность и выполняемые упражнения. Спортсмену должны быть даны четкие инструкции по выполнению тестовой нагрузки и используемому в процессе исследований оборудованию [5]. На результаты женщин могут влиять фаза менструального цикла и/или прием гормональных препаратов. Хотя эти эффекты, по-видимому, незначительны, исследователи обязаны сообщать эту информацию о женщинах-участницах [8-10].

*Лыжная техника и инвентарь.* Большое значение при планировании дизайна исследования необходимо уделить указанию используемой в эксперименте техники передвижения на лыжах или лыжероллерах. Техника современных гоночных лыж включает

классический и коньковый стили, характеризуется большой вариативностью разнообразных лыжных ходов. Традиционный классический стиль включает четыре различных лыжных хода. Наиболее динамично меняется коньковый стиль, насчитывающий на настоящее время до 9 различных коньковых ходов, соответственно англо- / русскоязычное название которых: diagonal skate / попеременный двухшажный, offset skate / одновременный

двухшажный равнинный, one skate / одновременный одношажный, two skate / одновременный двухшажный в подъем, jump skate / одновременный двухшажный в подъем с прыжком, double polling / одновременный бесшажный, double push / одновременный одношажный или двухшажный коньковый ход со сменой ног прыжком, free skate / без отталкивания палками, half-skating technique / полуконьковый [5, 11, 12].

Таблица 1

Рекомендуемая информация об условиях трассы/тредмила при передвижении лыжника, которая должна быть учтена и описана в работе при проведении исследований в беговых лыжах [5]

| Параметр                                                                                                                                                      | Лыжная трасса | Лыжероллерная трасса | Лыжероллерный тредмил |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|
| Топография трассы                                                                                                                                             |               |                      |                       |
| Высота над уровнем моря (мин., макс. и средняя)                                                                                                               | о             | о                    | р                     |
| Длина                                                                                                                                                         | о             | о                    | нп                    |
| Ширина                                                                                                                                                        | р             | р                    | о                     |
| Угол наклона (мин., макс. и средний)                                                                                                                          | о             | о                    | о                     |
| Общий набор высоты                                                                                                                                            | о             | о                    | о                     |
| Самый длинный отдельный подъем                                                                                                                                | о             | о                    | о                     |
| Подъемы (количество, направление и уклон)                                                                                                                     | о             | о                    | нп                    |
| Карта местности                                                                                                                                               | р             | р                    | нп                    |
| Скорость                                                                                                                                                      |               |                      |                       |
| Скорость (мин., макс. и средняя)                                                                                                                              | о             | о                    | о                     |
| Отклонения от целевой скорости                                                                                                                                | о             | о                    | нп                    |
| Погода                                                                                                                                                        |               |                      |                       |
| Температура воздуха (мин., макс. и средняя)                                                                                                                   | о             | о                    | о                     |
| Влажность воздуха (мин., макс. и средняя)                                                                                                                     | о             | о                    | о                     |
| Погодные условия                                                                                                                                              | р             | р                    | нп                    |
| Ветер (скорость и направление)                                                                                                                                | о             | о                    | пп                    |
| Использование вентилятора (в лаборатории)                                                                                                                     | нп            | нп                   | р                     |
| Температура снега/грунта (мин., макс. и средняя)                                                                                                              | о             | о                    | нп                    |
| Состояние снега (тип (искусственный или естественный), возраст, недавняя подготовка и т.д.) / состояние грунта (асфальт/бетон) / поверхность снежного полотна | о             | о                    | р                     |
| Время                                                                                                                                                         |               |                      |                       |
| Продолжительность экспериментальной сессии                                                                                                                    | о             | о                    | о                     |
| Время суток                                                                                                                                                   | о             | о                    | о                     |
| Время года                                                                                                                                                    | р             | р                    | р                     |
| Палки и лыжи/лыжероллеры                                                                                                                                      |               |                      |                       |
| Тип лыжных ботинок/системы крепления (классические/коньковые)                                                                                                 | о             | о                    | о                     |
| Тип лыж/лыжероллеров (классические/коньковые)                                                                                                                 | о             | о                    | о                     |
| Вес лыж/роликовых лыж                                                                                                                                         | о             | о                    | о                     |
| Подготовка лыж (шлифовка, мазь сцепления, парафин)                                                                                                            | о             | нп                   | нп                    |
| Коэффициент трения при качении/скольжении                                                                                                                     | о             | о                    | о                     |
| Тип колес и наличие/положение толчкового колеса                                                                                                               | нп            | о                    | о                     |
| Длина палок (фиксированная или регулируемая)                                                                                                                  | о             | о                    | о                     |
| Наконечник палок                                                                                                                                              | р             | о                    | о                     |

Примечание: о – обязательно; р – рекомендуется; нп – неприменимо.

При проведении исследований техники передвижения на беговых лыжах или лыжероллерах на трассе необходимо стремиться к единообразию условий для всех участников. Любые отклонения от этого принципа должны быть указаны. Особое внимание следует уделить ряду ключевых параметров, представленных в таблице 1 [5]. Подробное описание всех условий является обязательным, так как это позволит в дальнейшем оценить их возможное влияние на результаты и обеспечит возможность для последующего анализа.

Учитывая, что взаимодействие лыж со снегом (или лыжероллеров с поверхностью) существенно влияет на биомеханику и физиологию спортсмена, крайне важно использовать стандартизированное оборудование. В идеале спортсмены должны использовать свои собственные лыжи или лыжероллеры.

Все лыжи должны быть подготовлены одинаково, предпочтительно одним и тем же специалистом, с использованием одинаковых смазки и структуры. Перед тестированием необходимо провести проверку трения скольжения. Альтернативно можно измерить изменение скорости лыжника (или лыж с сопоставимой нагрузкой) при пассивном скольжении. Эти измерения должны проводиться с теми же лыжами, что будут использоваться в тесте [13].

Для лыжероллеров рекомендуется использовать одну и ту же пару для всех спортсменов. Если это невозможно, необходимо убедиться, что все используемые лыжероллеры имеют схожие характеристики, включая одинаковые коэффициенты трения. Важно также учитывать влияние температуры на трение качения колес и подшипников. Поэтому лыжероллеры следует прогревать не менее 10 минут или хранить в теплом месте перед тестированием [14].

Лабораторные условия позволяют более точно контролировать и стандартизировать экспериментальные параметры, а также использовать специализированное измерительное оборудование. Для обеспечения высокой достоверности и надежности данных лабораторные исследования должны проводиться при стандартизированной, термонеutralной температуре в одно и то же время суток. Эти параметры обязательно должны быть указаны в научной работе [5].

*Трасса и параметры скорости.* При анализе рельефа трассы следует определить и задокументировать минимальный перепад высот, необходимый для идентификации подъемов и спусков (например, 10 метров). Также необходимо подробно описать специфические особенности самой трассы и меры по ее подготовке до начала тестирования. Особое внимание следует уделить фиксации скорости движения и любых ее вариаций. В случае, если скорость передвижения выступает в роли независимой переменной, требуется детально описать все предпринятые лыжником действия для поддержания установленного скоростного режима (например, использование световых или звуковых сигналов, наличие сопровождающего транспортного средства).

*Специализированное оборудование для исследований.* Появившиеся в середине 1990-х годов лыжероллерные тредмилы позволяют проводить тестирование на лыжероллерах в широком диапазоне скоростей (0-40 км/ч) и наклонов (-2 – -20°). Это обеспечивает точный контроль над физиологическими и биомеханическими переменными. Вся информация о настройках тредмила должна быть зафиксирована [5, 15].

При использовании эргометров для одновременного бесшажного хода (стоя или сидя) для получения достоверных результатов необходимо стандартизировать и точно указывать ряд факторов. Положение спортсмена относительно эргометра (например, высота блока, горизонтальное расстояние, высота скамьи) должно быть таким, чтобы углы суставов и тела максимально соответствовали реальному выполнению одновременного бесшажного хода на снегу или лыжероллерах. Уровень сопротивления должен быть реалистичным, имитируя движение палками, максимально приближенное к реальным условиям, а также должен быть стандартизирован и описан с включением процедуры его определения [5, 16].

*Биомеханические исследования в беговых лыжах.* Современные технологии, позволяющие фиксировать движение, силу и работу мышц, значительно усовершенствовали анализ техники в беговых лыжах. Для получения достоверных данных о биомеханических показателях необходимо проанализировать определенное количество движений. Это

число варьируется в зависимости от конкретного параметра и степени вариативности самого движения. Как правило, для получения точных результатов достаточно исследовать от 15 до 30 полных циклов движения. При проведении замеров непосредственно на трассе количество анализируемых циклов ограничено возможностями используемой аппаратуры. Например, при использовании видеоанализа часто удается зафиксировать лишь небольшое число циклов. На участках с высокой скоростью обычно достаточно 2-3 циклов, хотя увеличение их количества повышает точность выводов.

При изучении асимметричных техник (например, одновременный двухшажный ход при передвижении по равнине и в подъем) важно отдельно рассматривать показатели для доминирующей и недоминирующей сторон (где отталкивание палками синхронизировано или не синхронизировано с толчком лыжи соответственно) [1, 2, 5, 17].

Кинематический анализ изучает общие характеристики движений всего тела (такие, как скорость, частота и/или длина цикла) и отдельных суставов (например, диапазон движений и угловая скорость), а также сегментов тела (например, их скорость) во время выполнения различных техник беговых лыж. Кроме того, можно определить такие временные параметры, как продолжительность цикла и время выполнения отдельных фаз. Для кинематических измерений чаще всего используют различные виды видеосъемки – от простой однокамерной записи до сложных оптоэлектронных систем с множеством камер [18, 19]. Специалистами разработаны специальные требования к видеозаписи техники в беговых лыжах, а также информации, которую необходимо указать в исследованиях с видеосъемкой (табл. 2).

Инфракрасные системы захвата движений, представляющие собой сложные оптоэлектронные комплексы для 3D-мониторинга антропометрических движений, демонстрируют повышенную надежность и точность. При соблюдении рекомендаций производителя по калибровке и обработке данных они обеспечивают более высокие частоты дискретизации и сокращают время постобработки [20]. В ряде случаев требуется создание

специализированных моделей человеческого тела, включая соответствующее оборудование. Однако, при использовании таких систем в условиях открытого пространства, например, в заснеженных местах, отражение солнечного света от снега может создавать значительные помехи, делая их применение в полевых условиях проблематичным и зачастую невозможным [18]. Ожидается, что в ближайшем будущем будут реализованы улучшения в производительности таких систем, в частности в области разрешения и фильтрации солнечного излучения [21].

Электрогониометры позволяют напрямую измерять угловое смещение локтя, бедра, колена и лодыжки во время катания на беговых лыжах [19]. Как и в случае с инфракрасными системами, при условии тщательного соблюдения рекомендуемых процедур калибровки надежность и достоверность этих устройств, как правило, высоки, они часто используются, когда другие системы анализа движений недоступны или нецелесообразны, например, при мониторинге катания на лыжах на открытом воздухе. Необходимо описать тип используемого устройства (т.е. одномерное или двумерное, жесткое или гибкое), его применение и процедуру калибровки. Предпочтительнее использовать гибкие электрогониометры, поскольку они позволяют избежать ошибок, связанных с несовпадением центров вращения шарнира и гониометра [22], и в целом более удобны при катании на лыжах.

Технология носимых датчиков значительно развилась за последнее время, и для трехмерных кинематических измерений спортсменов на открытом воздухе инерционные измерительные устройства (ИИУ) все больше заменяют системы на основе камер [23]. Как правило, ИИУ состоит из нескольких датчиков, акселерометров, гироскопов и/или магнитометров, каждый из которых осуществляет мониторинг во всех трех измерениях (обеспечивая в общей сложности до 9 осей). Одного ИИУ достаточно для определения частоты цикла, а в сочетании, например, с глобальной навигационной спутниковой системой (Global Navigation Satellite System – GNSS), которая отслеживает мгновенную скорость, можно также определить и длину цикла.

Информация, касающаяся видеозаписи техники передвижения в беговых лыжах и подлежащая сообщению в научных работах [5]

| Параметры                                                                                                                                 | Визуальная – 2D | Визуальная – 3D | Инфракрасная система захвата движений |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------------------|
| Системные характеристики                                                                                                                  |                 |                 |                                       |
| Тип камер (визуальные/инфракрасные)                                                                                                       | о               | о               | о                                     |
| Модель, производитель камер                                                                                                               | о               | о               | о                                     |
| Количество камер                                                                                                                          | о               | о               | о                                     |
| Частота дискретизации видеосъемки                                                                                                         | о               | о               | о                                     |
| Разрешение видеосъемки                                                                                                                    | о               | о               | нп                                    |
| Фиксированная или панорамная съемка                                                                                                       | о               | о               | нп                                    |
| Способ синхронизации видеозаписей (генерационная блокировка, GPS, звук, сигнал запуска, движение тела)                                    | о               | о               | нп                                    |
| Положение камеры                                                                                                                          |                 |                 |                                       |
| Расстояние от зоны измерения                                                                                                              | о               | о               | р                                     |
| Точное размещение, включая вращение и высоту                                                                                              | р               | р               | нп                                    |
| Размеры поля зрения                                                                                                                       | о               | о               | р                                     |
| Схематическое изображение процедуры записи                                                                                                | р               | р               | нп                                    |
| Плоскость изучаемого тела (сагиттальная, фронтальная, поперечная)                                                                         | о               | р               | р                                     |
| Калибровка                                                                                                                                |                 |                 |                                       |
| Количество калибровочных точек                                                                                                            | о               | о               | нп                                    |
| Размеры калибровочного объекта/точек                                                                                                      | о               | о               | нп                                    |
| Направление гравитационных сил (да/нет, режим)                                                                                            | о               | о               | нп                                    |
| Ориентация осей отсчета относительно движения лыжника                                                                                     | о               | о               | о                                     |
| Точечная цифровизация                                                                                                                     |                 |                 |                                       |
| Тип маркеров, если таковые имеются (активные/ пассивные, цвета, размеры)                                                                  | о               | о               | о                                     |
| Количество маркеров                                                                                                                       | о               | о               | о                                     |
| Положение(я) маркеров                                                                                                                     | о               | о               | о                                     |
| Схематическое изображение положения маркеров                                                                                              | р               | р               | р                                     |
| Используемая антропометрическая модель                                                                                                    | р               | р               | р                                     |
| Обработка данных                                                                                                                          |                 |                 |                                       |
| Используемое программное обеспечение                                                                                                      | о               | о               | о                                     |
| Ручное или автоматическое распознавание маркеров                                                                                          | о               | о               | р                                     |
| Заполнение пробелов (при наличии)                                                                                                         | о               | о               | о                                     |
| Описание фильтрации (при наличии)                                                                                                         | о               | о               | о                                     |
| Оценочная точность позиционирования                                                                                                       | о               | о               | о                                     |
| Биомеханические расчеты или любые другие манипуляции с данными должны быть подробно объяснены, предпочтительно с использованием уравнений | о               | о               | о                                     |

Примечание: о – обязательно; р – рекомендуется; нп – неприменимо.

Для анализа сегментарной кинематики (например, движений ног и/или рук, а также такого инвентаря, как лыжи и/или палки) требуются дополнительные ИИУ. При оценке тактической деятельности размещенные на лыжнике один или два ИИУ позволяют в определенной степени автоматически идентифицировать основные классические [24] и коньковые [25] ходы. Когда цепочка синхронизированных ИИУ прикреплена ко всем основным сегментам тела и объединена с GNSS, можно отслеживать трехмерную кинематику всего тела [26]. В этом случае необходимо применять соответствующие оптимальные алгоритмы слияния данных датчиков, основанные в первую очередь на фильтре Калмана [27] и подлежащие сообщению относительно ИИУ.

GNSS может применяться для самостоятельного отслеживания положения лыжника на открытом воздухе. Точность определения координат зависит от конфигурации используемых спутников, условий их видимости (то есть наличия возможных преград для сигналов, таких как горы, здания, деревья и прочее), степени многолучевого распространения сигнала и других факторов [28]. Поэтому простое указание точности позиционирования, основанной на данных из предыдущих исследований, проведенных в иных условиях, может вводить в заблуждение.

С биомеханической точки зрения использование данных GNSS, полученных с расположенной на запястье (например, в часах с поддержкой GNSS) антенны, для оценки положения центра масс (ЦМ) может привести к ошибкам. Антенна, размещенная ближе к шее и плечам, находится ближе к ЦМ и при этом меньше подвержена ухудшению видимости спутников [29].

**Заключение.** В статье представлен анализ работ зарубежных ученых и специалистов, отражающих современный взгляд на методологию и организацию научных исследований технико-тактической подготовленности в беговых лыжах. Исследователи рекомендуют стандартизировать и детализировать используемые методы и материалы и их документальное представление в научно-исследовательской работе так, чтобы описание методики обеспечивало возможность воспроизведения результатов исследования. Также в ряде работ рассматриваются вопросы терминологии описания лыжных ходов и требований к инвентарю. Освещаются основные биомеханические методики, применяемые в лабораторных и полевых условиях. Учет представленных материалов в работе будет способствовать развитию научных исследований техники и биомеханики передвижения на беговых лыжах, а также повышению качества технико-тактической подготовки в этом виде спорта.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Работа выполнена в соответствии с государственным заданием №77-00021-26-00 от 30.12.2025 ФГБУ «Федеральный научный центр физической культуры и спорта» на НИР: «Формирование актуальных направлений совершенствования методик обучения юных спортсменов технике спортивных движений в различных группах видов спорта (по данным российских и зарубежных научных исследований)».

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

**Financing.** The work was performed under the state assignment No 77-00021-26-00 dated 30.12.2025 of the Federal Scientific Center for Physical Culture and Sports for the Research Project titled “Formation of relevant directions for improving methods of teaching young athletes the technique of sports movements in various groups of sports (according to Russian and foreign scientific research)”.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Holmberg, H.C. The elite cross-country skier provides unique insights into human exercise physiology / H.C. Holmberg // *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. – 2015. – Vol. 25. – P. 100-109.
2. Laaksonen, M.S. The Olympic biathlon-recent advances and perspectives after Pyeongchang / M.S. Laaksonen, M. Jonsson, H.C. Holmberg // *Frontiers in physiology*. – 2018. – Vol. 9. – P. 796.
3. Sandbakk, Ø. Physiological capacity and training routines of elite cross-country skiers: approaching the upper limits of human endurance / Ø. Sandbakk, H.C. Holmberg // *International journal of sports physiology and performance*. – 2017. – Vol. 12. – No. 8. – P. 1003-1011.
4. Специальная работоспособность лыжников гонщиков: современные тенденции (по материалам зарубежной литературы) / В.И. Михалев, Ю.В.

- Корягина, О.С. Антипова [и др.] // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2015. – № 4(122). – С. 139-144. [In English] Mikhalev V.I., Koriagina Yu.V., Antipova O.S., Aikin V.A., Sukhinin E.M. Special performance of ski racers: current trends (according to foreign literature). *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2015, no. 4(122), pp. 139-144. (in Russ.)
5. Methodological guidelines designed to improve the quality of research on cross-country skiing / B. Pellegrini, Ø. Sandbakk, T. Stöggl [et al.] // *Journal of Science in Sport and Exercise*. – 2021. – Vol. 3. – No. 3. – P. 207-223.
6. Haugen, T. Sprint running performance monitoring: methodological and practical considerations / T. Haugen, M. Buchheit // *Sports medicine*. – 2016. – Vol. 46. – No. 5. – P. 641-656.
7. Biomechanical analysis of double poling in elite cross-country skiers / H.C. Holmberg, S. Lindinger, T. Stöggl [et al.] // *Medicine & Science in Sports & Exercise*. – 2005. – Vol. 37. – No. 5. – P. 807-818.
8. The effects of menstrual cycle phase on exercise performance in eumenorrheic women: a systematic review and meta-analysis / K.L. McNulty, K.J. Elliott-Sale, E. Dolan [et al.] // *Sports medicine*. – 2020. – Vol. 50. – No. 10. – P. 1813-1827.
9. The effects of oral contraceptives on exercise performance in women: a systematic review and meta-analysis / K.J. Elliott-Sale, K.L. McNulty, P. Ansdell [et al.] // *Sports medicine*. – 2019. – Vol. 50. – No. 10. – P. 1785-1812.
10. Janse De Jonge, X. Methodological recommendations for menstrual cycle research in sports and exercise / X. Janse De Jonge, B. Thompson, A. Han // *Medicine & Science in Sports & Exercise*. – 2019. – Vol. 51. – No. 12. – P. 2610-2617.
11. Современная лыжная техника: сочетание мощности и экономичности (по данным зарубежной литературы) / В.И. Михалев, Ю.В. Корягина, О.С. Антипова [и др.] // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2015. – № 4(122). – С. 132-139. [In English] Mikhalev V.I., Koriagina Yu.V., Antipova O.S., Aikin V.A., Sukhinin E.M. Modern ski technique: combination of power and economy (according to foreign literature). *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2015, no. 4(122), pp. 132-139. (in Russ.)
12. Корягина, Ю.В. «Большой балет на лыжах» – современный взгляд зарубежных исследователей на классификацию стилей и ходов в лыжных гонках / Ю.В. Корягина, В.С. Нопина, О.Н. Акимкина // *Современные вопросы биомедицины*. 2026. – № 1. DOI: 10.24412/2588-0500-2026\_10\_01\_35 [In English] Koryagina Yu.V., Nopina V.S., Akimkina O.N. “Big ski ballet” – a modern view of foreign researchers on the classification of styles and techniques in cross-country skiing. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 1(36). DOI: 10.24412/2588-0500-2026\_10\_01\_35
13. Validation of test setup to evaluate glide performance in skis / M. Swarén, L. Karlöf, H.C. Holmberg, A. Eriksson // *Sports Technology*. – 2014. – Vol. 7. – No. 1-2. – P. 89-97.
14. Ainegren, M. Roller ski rolling resistance and its effects on elite athletes' performance / M. Ainegren, P. Carlsson, M. Tinnsten // *Sports Engineering*. – 2009. – Vol. 11. – No. 3. – P. 143-157.
15. General strength and kinetics: fundamental to sprinting faster in cross country skiing? / T. Stöggl, E. Mueller, M. Ainegren, H.C. Holmberg // *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. – 2011. – Vol. 21. – No. 6. – P. 791-803.
16. Sex Differences in Double Poling Performance: The Role of Upper-Body Strength and Endurance in Youth Elite Cross-Country Skiers and Biathletes / C.M. Wagner, J.O. Osborne, Ø. Sandbakk [et al.] // *European Journal of Sport Science*. – 2025. – Vol. 25. – No. 4. – P. e12253.
17. Biomechanical determinants of cross-country skiing performance: A systematic review / C. Zoppi-rolli, K. Hébert-Losier, H.C. Holmberg, B. Pellegrini // *Journal of sports sciences*. – 2020. – Vol. 38. – No. 18. – P. 2127-2148.
18. Comparison of exclusive double poling to classic techniques of cross-country skiing / T. Stöggl, O. Ohtonen, M. Takeda [et al.] // *Medicine and science in sports and exercise*. – 2019. – Vol. 51. – No. 4. – P. 760-772.
19. Biomechanical analysis of double poling in elite cross-country skiers / H.C. Holmberg, S. Lindinger, T. Stöggl [et al.] // *Medicine & Science in Sports & Exercise*. – 2005. – Vol. 37. – No. 5. – P. 807-818.
20. Supej, M. A new time measurement method using a high-end global navigation satellite system to analyze alpine skiing / M. Supej, H.C. Holmberg // *Research Quarterly for Exercise and Sport*. – 2011. – Vol. 82. – No. 3. – P. 400-411.
21. Haugen, T. Sprint running performance monitoring: methodological and practical considerations / T. Haugen, M. Buchheit // *Sports medicine*. – 2016. – Vol. 46. – No. 5. – P. 641-656.
22. Lindinger, S.J. How do elite cross-country skiers adapt to different double poling frequencies at low to high speeds? / S.J. Lindinger, H.C. Holmberg // *European journal of applied physiology*. – 2011. – Vol. 111. – No. 6. – P. 1103-1119.
23. Validity of inertial sensor based 3D joint kinematics of static and dynamic sport and physiotherapy

- specific movements / W. Teufl, M. Miezal, B. Taetz [et al.] // PloS one. – 2019. – Vol. 14. – No. 2. – P. e0213064.
24. Automatic classification of the sub-techniques (gears) used in cross-country ski skating employing a mobile phone / T. Stöggli, A. Holst, A. Jonasson [et al.] // Sensors (Basel). – 2014. – Vol. 14. – No. 11. – P. 20589-20601.
25. Automatic classification of sub-techniques in classical cross-country skiing using a machine learning algorithm on micro-sensor data / O.M.H. Rindal, T.M. Seeberg, J. Tjønnås [et al.] // Sensors (Basel). – 2018. – Vol. 18. – No. 1. – P. 75.
26. Supej, M. 3D measurements of alpine skiing with an inertial sensor motion capture suit and GNSS RTK system / M. Supej // Journal of sports sciences. – 2010. – Vol. 28. – No. 7. – P. 759-769.
27. Wearable goniometer and accelerometer sensory fusion for knee joint angle measurement in daily life / A. Tognetti, F. Lorussi, N. Carbonaro, D. de Rossi // Sensors (Basel). – 2015. – Vol. 15. – No. 11. – P. 28435-28455.
28. Springer handbook of global navigation satellite systems / P.J. Teunissen, O. Montenbruck (Eds.). – Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 2017. – Vol. 10. – P. 978-983.
29. Cross-country skiing analysis and ski technique detection by high-precision kinematic global navigation satellite system / M. Takeda, N. Miyamoto [et al.] // Sensors (Basel). – 2019. – Vol. 19. – No. 22. – P. 4947.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

**Юлия Владиславовна Корягина** – доктор биологических наук, профессор, руководитель центра медико-биологических технологий, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства, Ессентуки; ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва, e-mail: nauka@skfmbs.ru, koryagina.y.v@vniifk.ru.

**Сергей Викторович Нопин** – доктор биологических наук, главный научный сотрудник центра медико-биологических технологий, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства, Ессентуки, e-mail: work800@yandex.ru.

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

**Yulia V. Koryagina** – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Center of Biomedical Technologies, North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, Essentuki; Lead Researcher, Federal Scientific Center of Physical Culture and Sports, Moscow, e-mail: nauka@skfmbs.ru, koryagina.y.v@vniifk.ru.

**Sergej V. Nopin** – Doctor of Biological Sciences, Lead Researcher of the Center of Biomedical Technologies, North-Caucasian Federal Research-Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, Essentuki, e-mail: work800@yandex.ru.

**Для цитирования:** Корягина, Ю.В. Современный взгляд зарубежных исследований на методологию и организацию научных исследований технико-тактической подготовленности в беговых лыжах / Ю.В. Корягина, С.В. Нопин // Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка. – 2026. – Т. 5. – № 1(17). DOI: 10.24412/2782-6570-2026\_05\_01\_8

**For citation:** Koryagina Yu.V., Nopin S.V. A modern view of foreign studies on the methodology and organization of research on technical and tactical fitness in cross-country skiing. *Russian Journal of Sports Science: Medicine, Physiology, Training*, 2026, vol. 5, no. 1(17). DOI: 10.24412/2782-6570-2026\_05\_01\_8