

DOI: 10.7868/S2658655X26010078
УДК 612

Экспериментальные статьи

Гендерные различия скоростно-силовых возможностей конькобежцев и велосипедистов высокого класса, а также физически активных людей в односуставных и многосуставных движениях

**А.В. Воронов^{1,2}, А.В. Шпаков^{1,2,*}, Г.К. Примаченко¹,
Н.Н. Соколов², Р.В. Малкин²**

¹Институт медико-биологических проблем РАН, Москва, Российская Федерация

²Федеральный научный центр физической культуры и спорта,
Москва, Российская Федерация

*E-mail: avshpakov@gmail.com

Аннотация. Основной целью работы являлось определение гендерных различий скоростно-силовых возможностей спортсменов, специализирующихся в скоростном беге на коньках и велосипедном спорте ВМХ (дисциплина ВМХ Bicycle Moto Cross), а также физически активных людей, не занимающихся регулярными физическими нагрузками. В задачи исследования входила оценка технических возможностей экспериментального образца контактной светодиодной дорожки (ЭОКСД), предназначенной для проведения тестирования спортсменов с выполнением прыжковых тестов. В исследовании приняли участие спортсмены сборных команд России по скоростному бегу на коньках и велосипедному спорту, а также физически активные добровольцы. Среди конькобежцев было 4 мужчин и 8 женщин. Велосипедисты были представлены 6 мужчинами и 7 женщинами. Среди испытуемых-добровольцев было две группы: мужская (10 человек) и женская (9 человек). В ходе проведения исследования спортсмены и испытуемые выполняли два вида тестовых упражнений: разгибание нижней конечности в коленном суставе (односуставное движение) на изокинетическом динамометре и прыжковые тесты (многосуставное движение). Кроме скоростно-силовых показателей регистрировали электромиографическую активность *mm. vastus lateralis, vastus medialis, rectus femoris*. Максимальную произвольную силу при выполнении многосуставных движений определяли в серии прыжковых тестов: прыжок из приседа; прыжок с подседом; прыжок с подседом и с махом руками. Результаты исследования позволили оценить гендерные различия при выполнении одно- и многосуставных движений в тестах, направленных на оценку скоростно-силовых проявлений мышц нижних конечностей у представителей конькобежного и велосипедного спорта, а также у людей, не занимающихся регулярными физическими нагрузками. Показано, что величина максимальной высоты прыжка в группе спортсменов в гораздо большей степени

зависит от уровня тренированности конкретного спортсмена, а не от принадлежности к мужскому или женскому полу. С точки зрения половой принадлежности между мужчинами-спортсменами и женщинами-спортсменами существенной разницы по максимальной высоте прыжка, как и в группе испытуемых-добровольцев, между мужчинами и женщинами не наблюдалось. Выявленные различия между представителями разных видов спорта мы связываем с особенностями тренировочных и соревновательных нагрузок, особенностями техники исполнения соревновательных упражнений. Использование предложенной нами методики с применением в тестировании экспериментального образца контактной светодиодной дорожки и изокINETического динамометра в практике тренировочного процесса может выявить “сильные” и “слабые” стороны спортсменов при оценке функционального состояния опорно-двигательного аппарата нижних конечностей и вносить необходимые коррективы в тренировочные упражнения.

Ключевые слова: скоростно-силовые качества, активность мышц, изокINETическая динамометрия, максимальная произвольная сила, конькобежный спорт, испытатели, велосипедный спорт

Финансирование. Исследование с участием спортсменов выполнено в рамках государственного задания Федерального научного центра физической культуры и спорта № 777-00001-25 (код темы № 001-25/3). Исследование с участием испытуемых-добровольцев выполнено в рамках Программы Фундаментальных научных исследований РАН (FMFR-2024-0033).

Соблюдение этических стандартов. Все исследования проводились в соответствии с принципами биомедицинской этики, изложенными в Хельсинкской декларации 1964 г. и последующих поправках к ней. Экспериментальные исследования с участием спортсменов были одобрены локальным Этическим комитетом Федерального научного центра физической культуры и спорта. Экспериментальные исследования с участием испытуемых-добровольцев были одобрены Комиссией по биомедицинской этике Института медико-биологических проблем РАН (протокол № 620 от 12.07.2022 г., протоколы № 599 от 06.10.2021 г. и № 621 от 08.08.2022 г.). От всех участников было получено добровольное письменное информированное согласие после получения разъяснений о характере предстоящего исследования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

Вклад авторов в публикацию. АВВ – проведение экспериментов, первичная обработка результатов экспериментов, статистический анализ данных, написание и редактирование рукописи; АВШ, РВМ – идея работы, проведение экспериментов, анализ и интерпретация данных, написание рукописи; ГКП, ННС – анализ и интерпретация данных, статистический анализ данных, написание рукописи, подготовка иллюстраций.

Ссылка для цитирования: Воронов А.В., Шпаков А.В., Примаченко Г.К., Соколов Н.Н., Малкин Р.В. Гендерные различия скоростно-силовых возможностей конькобежцев и велосипедистов высокого класса, а также физически активных людей в односуставных и многосуставных движениях. *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова / Russian Journal of Physiology.* 2026. Т. 112. № 1. С. 225–250. <https://doi.org/10.7868/S2658655X26010078>

Gender Differences in Force–Velocity Capabilities of High-Class Speed Skaters and Cyclists, as well as Physically Active People in Single-Joint and Multi-Joint Movements

A.V. Voronov^{1,2}, A.V. Shpakov^{1,2,*}, G.K. Primachenko¹,
N.N. Sokolov², R.V. Malkin²

¹*Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

²*Federal Science Center of Physical Culture and Sport (VNIIFK), Moscow, Russia*

*E-mail: avshpakov@gmail.com

Abstract. The aim of the work was to determine gender differences in the force–velocity capabilities of athletes specializing in speed skating and BMX cycling, as well as physically active people who do not engage in regular physical activity. The objectives of the study included assessing the technical capabilities of an experimental sample of a contact LED track (CLT) designed for testing athletes by performing jump tests. The study involved athletes from the Russian national speed skating and BMX cycling teams, as well as physically active volunteers. Among the speed skaters, 4 were male and 8 were female. Cyclists were represented by 6 men and 7 women. There were two groups of volunteers: 10 males and 9 females. During the study, athletes and volunteers performed two types of test exercises: extension of the lower limb at the knee joint (single-joint movement) on an isokinetic dynamometer and jump tests (multi-joint movement). In addition to force–velocity capabilities, electromyographic activity of *mm. vastus lateralis*, *vastus medialis*, *rectus femoris* was recorded. The maximum voluntary force during the performance of multi-joint movements was determined in a series of jump tests: squat jump; countermovement jump; countermovement jump with arm swing. The results of the study made it possible to evaluate gender differences in the performance of single- and multi-joint movements in tests aimed at assessing the force–velocity capabilities of the muscles of the lower extremities in representatives of speed skating and cycling, as well as people who do not engage in regular physical activity. It has been shown that the maximum jump height in a group of athletes depends much more on the individual athlete's level of training than on gender. In terms of gender, no significant difference in maximum jump height was observed between male and female athletes, as was the case in the volunteer group. We associate the differences identified between representatives of different sports with the characteristics of training and competitive loads, and the characteristics of the technique of performing competitive exercises. The use of the proposed methodology with the use of CLT and an isokinetic dynamometer in testing in the practice of the training process can reveal the “strong” and “weak” sides of athletes in terms of assessing the functional state of the musculoskeletal system of the lower extremities and make the necessary adjustments to training exercises.

Keywords: force–velocity capabilities, muscle activity, isokinetic dynamometry, maximum voluntary force, speed skating, volunteers, cycling

Funding. The study involving athletes was carried out within the framework of the state assignment of the Federal Science Center of Physical Culture and Sport (VNIIFK) No. 777-00001-25 (topic code No. 001-25/3). The study involving healthy volunteers was supported by the Programme of Fundamental Scientific Research of the Russian Academy of Sciences (FMFR-2024-0033).

Ethics declarations. All studies were performed in accordance with the principles of biomedical ethics as stated in the Declaration of Helsinki (1964) and its later amendments. The experimental studies involving athletes were approved by the local Ethics Committee of the Federal Science Center of Physical Culture and Sport (VNIIFK). The experimental studies involving volunteers were approved by the Biomedical Ethics Commission of the Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences (Protocol No. 620 of July 12, 2022, Protocol No. 599 of October 6, 2021, and Protocol No. 621 of August 8, 2022). Written informed consent was obtained from all participants after they had received a full explanation of the study procedures.

Conflict of interests. The authors declare that there is no obvious or potential conflict of interests associated with the publication of this article.

Authors contribution. VAV — experimentation, initial processing of experimental results, statistical data analysis, manuscript writing and editing; ShAV, MRV — study conception, experimentation, data analysis and interpretation, and manuscript writing; PGK, SNN — data analysis and interpretation, statistical data analysis, manuscript writing, and preparation of figures.

For Citation: Voronov A.V., Shpakov A.V., Primachenko G.K., Sokolov N.N., Malkin R.V. Gender Differences in Force–Velocity Capabilities of High-Class Speed Skaters and Cyclists, as well as Physically Active People in Single-Joint and Multi-Joint Movements. *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal imeni I.M. Sechenova / Russian Journal of Physiology.* 2026;112(1):225–250. (In Russ.)
<https://doi.org/10.7868/S2658655X26010078>

ВВЕДЕНИЕ

Лимитирующим фактором достижения высокого спортивного результата является уровень специальной силовой подготовленности спортсменов. Специальная работоспособность определяется интеграцией свойств нервно-мышечного аппарата, генерирующего проявление силы, мощности, скорости при выполнении соревновательного упражнения [1]. По мнению Верхошанского, основной характеристикой рабочего эффекта спортивного движения, отражающей его эффективность (независимо от вида спортивной деятельности), является скорость выполнения движения или перемещения спортсмена. В видах спорта, где спортсмен, добиваясь высокой скорости, вынужден преодолевать значительные внешние сопротивления, необходимо развивать силовой потенциал мышц и повышать эффективность метаболических процессов, определяющих их способность к работе [2].

Скоростной бег является одним из самых популярных видов спорта в мире и постоянным элементом программы зимних Олимпийских игр с 1924 г. Скоростной бег на коньках — циклический вид спорта, предъявляющий высокие требования

как к силовым, так и к аэробным возможностям спортсмена (высококвалифицированный конькобежец пробегает 1500 и 5000 м приблизительно за 2 и 7 мин соответственно) [3]. Исследования показывают, что результат на коротких дистанциях (500 м) определяется максимальной силой мышц-разгибателей нижних конечностей [4].

Решение о включении дисциплины ВМХ (Bicycle Moto Cross) в программу Олимпийских игр было принято Международным олимпийским комитетом в 2003 г. ВМХ относится к видам спорта с циклической структурой движений и ярко выраженным уровнем проявления скоростно-силовых качеств в процессе преодоления соревновательной дистанции. Успеха в этом виде велосипедного спорта добиваются спортсмены, обладающие высокой максимальной силой и способные быстро реализовать свой силовой потенциал в процессе стартового разгона с рамп, а также при высоком темпе за 1–2 оборота педалей увеличить мощность работы для реализации эффективной прыжковой техники.

Очевидно, что особенности обоих видов спорта (высокий уровень проявления силы в короткий промежуток времени) предъявляют высокие требования к скоростно-силовым характеристикам мышечного аппарата нижних конечностей, от уровня развития которых зависит конечный результат спортсмена на дистанции.

Способность мышц генерировать силу зависит от многих факторов, таких как мышечная масса, тип мышечных волокон и характеристики активации мышц. Ранее было показано, что эта способность значительно выше у мужчин, чем у женщин [5, 6], и считается отражением большей мышечной массы, более высокого процента быстро сокращающихся мышечных волокон [7, 8] и гендерно-специфического характера задействования мышц [9]. При нормализации по массе тела гендерные различия в максимальном крутящем моменте продолжают существовать.

Вместе с тем, несмотря на достаточное количество работ по исследованию гендерных различий скоростно-силовых показателей, в которых в основном уделяется внимание односуставным движениям, остается малоизученным вопрос участия тех или иных мышц в обеспечении максимального момента силы.

Основной целью работы являлось определение гендерных различий скоростно-силовых возможностей спортсменов, специализирующихся в скоростном беге на коньках и велосипедном спорте ВМХ, а также физические активные люди, не занимающихся регулярными физическими нагрузками. В задачи исследования входила оценка технических возможностей экспериментального образца контактной светодиодной дорожки (ЭОКСД), предназначенной для проведения тестирования спортсменов с выполнением прыжковых тестов; определение вклада мышц передней поверхности бедра в максимальный момент силы в коленном суставе, а также возможных гендерных различий и спортивной специализации.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Контингент испытуемых. В исследовании приняли участие спортсмены сборных команд России по скоростному бегу на коньках ($n = 12$, квалификация МС-МСМК) и велосипедному спорту дисциплина ВМХ ($n = 13$, квалификация МС-МСМК), а также физически активные добровольцы, участники экспериментальных исследований Института медико-биологических проблем РАН (испытатели-добровольцы, $n = 19$). Среди конькобежцев было 4 мужчин ($M \pm SD$: 20.0 ± 1.7 лет, 181.5 ± 5.2 см, 64.0 ± 7.3 кг) и 8 женщин ($M \pm SD$: 23.3 ± 2.2 лет,

170.1 ± 6.5 см, 65.7 ± 5.9 кг). Велосипедисты были представлены 6 мужчинами ($M \pm SD$: 21.2 ± 3.8 лет, 182.8 ± 3.9 см, 81.8 ± 6.4 кг) и 7 женщинами ($M \pm SD$: 19.7 ± 5.2 лет, 161.9 ± 3.9 см, 59.6 ± 9.5 кг). Среди испытуемых-добровольцев было две группы: мужская ($n = 10$; $M \pm SD$: 23.2 ± 3.2 лет, 76.5 ± 7.7 кг, 172.2 ± 6.3 см) и женская ($n = 9$; $M \pm SD$: 30.2 ± 5.2 лет, 60.6 ± 12.3 кг, 165.5 ± 6.1 см).

Экспериментальные протоколы. В ходе проведения исследования спортсмены и испытуемые выполняли два вида тестовых упражнений: разгибание нижней конечности в коленном суставе (односуставное движение) на изокинетическом динамометре и прыжковые тесты (многосуставное движение).

Для выполнения скоростно-силового тестирования использовали динамометр “BIODEX System 4 Pro” (Biodex Medical Systems Inc., США). Для оценки скоростно-силовых проявлений мышц-разгибателей коленного сустава выполняли тестирование в изокинетическом режиме на угловых скоростях 300, 240, 180, 150, 120, 90, 60 и 30 град/с. В ходе тестирования испытуемые по сигналу выполняли разгибание в коленном суставе согласно инструкции: выполнить разгибание “максимально быстро и сильно”. Отдых между циклом “разгибание–сгибание” составлял 5–7 с, отдых между угловыми скоростями составлял 1 мин. Переход от высоких угловых скоростей к низким и достаточные интервалы отдыха между тестированием на различных угловых скоростях препятствовали развитию мышечного утомления. На каждой угловой скорости испытуемые выполняли не более трех разгибаний в коленном суставе. Для последующего анализа регистрировали максимальную произвольную силу (пик вращательного момента, Н · м) и достижение пика вращательного момента (время, с). Кроме скоростно-силовых показателей при тестировании регистрировали электромиографическую активность (ЭМГ-А) *mm. vastus lateralis* (VL), *vastus medialis* (VM), *rectus femoris* (RF) с использованием электромиографа “СпортЛаб” (НМФ “Биософт”, Россия). При регистрации ЭМГ руководствовались рекомендациями “European concerted action SENIAM” [10]. При анализе ЭМГ рассчитывали электромиографическую стоимость (ЭМГ-С) работы мышц по формуле

$$Cp_{ЭМГ} = \frac{\sum_{k=1}^N \left(\sum_{i=0}^T \text{ЭМГ}_i^J * \Delta t \right)}{N}, \quad (1)$$

где $Cp_{ЭМГ}$ – средняя миоэлектрическая работа J -ой мышцы, мкВ · с; ЭМГ_i^J – амплитуда ЭМГ сигнала J -ой мышцы, в относительно-временной точке i цикла движения, мкВ; Δt – временной интервал, с; N – число движений (разгибаний) при регистрации силового момента в суставе.

Для определения вклада отдельных головок *m. quadriceps femoris* (*mm. vastus lateralis*, *vastus medialis*, *rectus femoris*) рассчитывали коэффициенты детерминации (R^2) для каждой из мышц. На основе показателей коэффициента детерминации рассчитывали корреляционную зависимости (r) между показателями ЭМГ-активности мышц и показателями максимального момента силы. С целью объективизации сравнительного анализа данных амплитуду $Cp_{ЭМГ}$ *m. vastus lateralis*, *m. vastus medialis*, *m. rectus femoris* на угловых скоростях 300 и 60 град/с нормировали на значение $Cp_{ЭМГ}$ при угловой скорости 30 град/с. Мы предполагаем, что при угловой скорости 30 град/с ЭМГ-активность мышц при скоростно-силовом тестировании

достигает своего максимума в связи с “включением в работу” максимального количества двигательных единиц — как быстрых, так и медленных. Аналогично поступали и с моментами силы — рассматривали моменты разгибателей коленного сустава на скоростях 300 и 60 град/с относительно момента, зарегистрированного на угловой скорости 30 град/с.

Максимальную произвольную силу при выполнении многосуставных движений (разгибание в тазобедренном, коленном и голеностопном суставах) определяли в серии прыжковых тестов [11, 12]:

- прыжок из приседа, или Squat Jump (SJ), — данный тип прыжка обеспечивает вовлечение всех мышечных единиц четырехглавой мышцы бедра и отражает их вклад на величину максимальной высоты прыжка [13];
- прыжок с подседом, или Countermovement Jump (CMJ), — в указанном типе прыжка максимальная высота прыжка зависит также от энергии, запасенной в эластических структурах двигательного аппарата нижних конечностей; CMJ отражает вклад этих структур в величину максимальной высоты прыжка по сравнению с SJ [13];
- прыжок с подседом и с махом руками, или Countermovement jump with arm swing (CMJas); CMJas отражает вклад координационных способностей человека в величину максимальной высоты прыжка [13].

Для регистрации высоты прыжков использовали экспериментальный образец контактной светодиодной дорожки (ЭОКСД). Планки шириной 90 см устанавливали на расстоянии 3 м так, чтобы в светодиодном поле не было посторонних предметов [14]. Высоту прыжка вверх (H) оценивали по времени полета:

$$H = g \frac{t_{\text{ПОЛ}}^2}{8} = 1,226 * t_{\text{ПОЛ}}^2 \quad (2)$$

где g — ускорение свободного падения, $g = 9.81 \text{ м/с}^2$; $t_{\text{ПОЛ}}$ — время полета (с).

В ходе тестирования испытуемый по сигналу выполнял выпрыгивание вверх согласно инструкции: “выполнить прыжок максимально высоко”. Перед проведением тестирования спортсмены и испытуемые выполняли педалирование на велоэргометре с частотой не менее 60 оборотов в минуту в течение 5 минут, а также комплекс разминочных упражнений для мышц таза и спины, нижних конечностей и верхнего плечевого пояса.

Для оценки силы взаимосвязи между категориальными (половая принадлежность) и числовыми данными использовался коэффициент корреляции ϕ_k , который представляет собой нормализованный способ оценки коэффициента корреляции ϕ , основанном на χ^2 распределении [15]. Коэффициент ϕ_k лежит в диапазоне от 0 до 1 и указывает на силу взаимосвязи, но не на ее направленность. Для расчета коэффициента корреляции числовые данные были сгруппированы по десяти диапазонам значений между максимумом и минимумом наблюдаемой переменной. χ^2 вычислялась по следующей формуле:

$$\chi^2 = \sum_{i,j} \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}, \quad (3)$$

где O_{ij} — наблюдаемая частота соответствующего элемента, E_{ij} — ожидаемая частота соответствующего элемента.

Нормализация статистики χ^2 производилась по следующей формуле:

$$\Phi_k = \sqrt{\frac{\chi^2}{n * \min(k - 1, r - 1)}}, \quad (4)$$

где χ^2 – расчетное значение статистики, n – общее число наблюдений, k , r – количество уникальных значений сравниваемых переменных.

Статистическая обработка результатов исследования. Полученные данные анализировали с использованием программ “Statistica v.12.0” и “Microsoft Excel”. Полученные результаты проверяли на нормальность распределения в соответствии с критериями Шапиро–Уилка и Колмогорова–Смирнова. Поскольку размер выборок был сравнительно мал и распределение данных не отвечало нормальному, для анализа результатов использовали непараметрические методы статистики: U-критерий Манна–Уитни и T-критерий Вилкоксона для независимых и зависимых выборок соответственно. Гипотеза о равенстве распределений выборок проверялась с помощью H-критерия Краскала–Уоллиса. Для локализации различий был применен *post-hoc*-тест Данна, по результатам которого выявлялись статистически значимые различия между группами. В качестве описательной статистики использовались медиана и межквартильный размах (25-й и 75-й процентиль). Достоверность отличий принимали при $p < 0.05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Скоростно-силовые возможности в многосуставных движениях. На рис. 1 представлены результаты выполнения прыжковых тестов конькобежцами и испытуемыми-добровольцами. В связи с тем, что в группе велосипедистов прыжковые тесты в полном объеме выполнили только два спортсмена, их результаты мы не рассматривали при описании прыжковых тестов.

Среди спортсменов как у мужчин, так и у женщин по всем видам прыжковых тестов лучшие результат показали представители конькобежного спорта. Это указывает на значительно большие показатели максимальной мышечной силы нижних конечностей при выполнении многосуставного движения (результаты прыжков SJ и CMJ), а также координационных способностей (результаты прыжка CMJas). Ожидаемо самые низкие показатели по результатам прыжковых тестов продемонстрировали испытуемые-добровольцы, которые не занимаются регулярными физическими, в частности упражнениями силовой направленности. Следует отметить, что по абсолютной высоте прыжков минимальная разница между мужчинами и женщинами наблюдалась у представителей конькобежного спорта.

Анализ показателей относительной высоты прыжка (нормированной на массу тела) выявил превышение результатов прыжковых тестов у женщин по сравнению с мужчинами в группе конькобежцев в SJ и CMJ. При этом результаты CMJas не различались. В группе испытуемых-добровольцев показатели относительной высоты всех трех видов прыжковых тестов были сопоставимы с абсолютной высотой прыжка – более высокие показатели получены при тестировании мужчин.

В табл. 1 представлены результаты расчёта коэффициента корреляции Φ_k для групп конькобежцев и испытуемых.

В группе испытуемых-добровольцев пол участников коррелирует на 100% с высотой прыжка во всех трех типах прыжковых тестов. По нашим наблюдениям

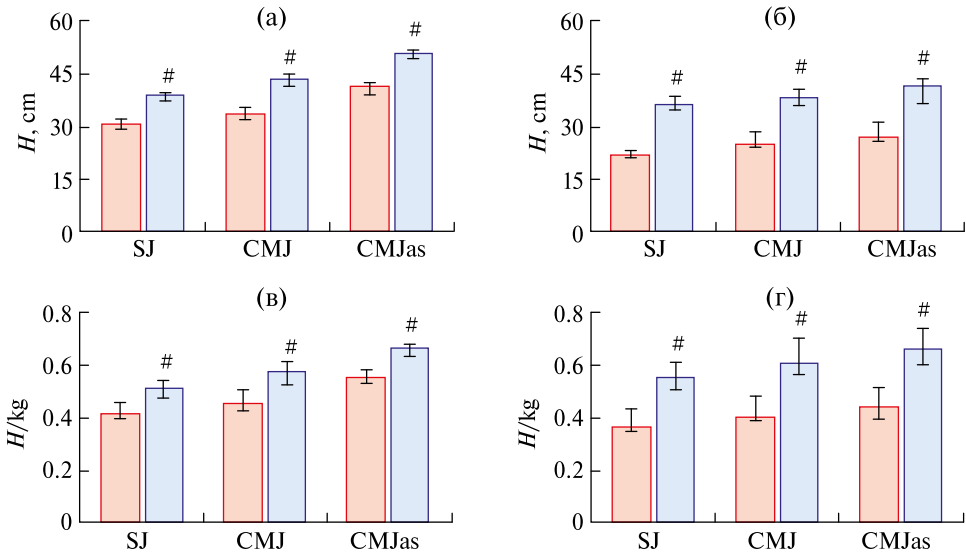


Рис. 1. Показатели абсолютной (верхний ряд) и нормированной на массу тела (нижний ряд) высоты прыжка. Данные представлены как Me, Q25–Q75. (а), (в) – результаты, полученные при тестировании мужчин; (б), (г) – результаты, полученные при тестировании женщин. Красные столбцы – данные, полученные при тестировании испытуемых-добровольцев ($n = 19$). Синие столбцы – данные, полученные при тестировании спортсменов-конькобежцев ($n = 12$). H – абсолютная высота прыжка в сантиметрах. H/kg – высота прыжка, нормированная на массу тела. SJ – прыжок из приседа. CMJ – прыжок с подседом. CMJas – прыжок с подседом с махом руками. # – $p < 0.05$ (U-критерий Манна–Уитни)

Fig. 1. Absolute (top row) and body mass-normalized (bottom row) jump height values. Data are presented as Me, Q25–Q75. (a), (в) – Results obtained from testing men. (б), (г) – Results obtained from testing women. Red – data obtained from testing volunteers ($n = 19$). Blue – data obtained from testing speed skaters ($n = 12$). H – absolute jump height in centimeters. H/kg – jump height normalized to body mass. SJ – squat jump. CMJ – countermovement jump. CMJas – countermovement jump with arm swing. # – $p < 0.05$ (Mann–Whitney U-test)

Таблица 1. Значения коэффициента корреляции

Table 1. Correlation coefficient values

	Пол		МТ		SJ		CMJ		CMJas	
	КОН	ИСП	КОН	ИСП	КОН	ИСП	КОН	ИСП	КОН	ИСП
Пол	1	1	0.55	0.56	0	1	0	1	0,70	1
МТ	0.55	0.56	1	1	0.68	0.74	0.76	0.69	0	0.75
SJ	0	1	0.68	0.74	1	1	0.63	0.62	0.90	0.92
CMJ	0	1	0.76	0.69	0.63	0.62	1	1	0	0.73
CMJas	0.70	1	0	0.75	0.90	0.92	0	0.73	1	1

КОН – конькобежцы, ИСП – испытуемые добровольцы, МТ – масса тела, SJ – прыжок из приседа, CMJ – прыжок с подседом, CMJas – прыжок с подседом и с махом руками.

КОН – speed skaters. ИСП – volunteers. МТ – body mass. SJ – squat jump. CMJ – countermovement jump. CMJas – countermovement jump with arm swing.

множество значений группы женщин по высоте прыжка не пересекается со множеством значений высоты прыжка группы мужчин. Наблюдается заметная корреляция между полом и массой тела. Масса тела сильно коррелирует с высотой прыжка во всех трех типах прыжковых тестов.

Максимальная высота прыжковых тестов умеренно коррелирует между SJ и CMJ, заметно коррелирует с CMJ и CMJas, весьма высоко коррелирует между SJ и CMJas. Высокая корреляция с массой тела также говорит о том, что чем больше масса, тем больше и максимальная высота прыжка. Однако, учитывая заметную корреляцию массы тела с половой принадлежностью, можно говорить о том, что взаимосвязь максимальной высоты прыжка SJ с массой тела может быть обусловлена именно половой принадлежностью (рис. 2а). Аналогичные результаты были получены при анализе CMJ (рис. 2б) и CMJas (рис. 2в).

Высокую взаимосвязь между максимальной высотой SJ и CMJ можно объяснить также влиянием фактора пола. Однако независимо от половой принадлежности прослеживается линейная взаимосвязь максимальной высоты прыжка: чем выше максимальная высота SJ, тем выше и показатели в CMJ. Это может свидетельствовать о преимущественном вкладе силы мышц нижних конечностей в вертикальную составляющую прыжка по сравнению с состоянием эластического корсета мышц нижних конечностей (рис. 2г).

Обращая внимание на аналогичный линейный характер взаимосвязи между прыжками CMJ и CMJas, можно говорить о том, что вклад в высоту CMJas, вероятно, может быть обусловлен преимущественно силой мышц нижних конечностей (рис. 2д), по сравнению с вкладом координационной составляющей, что возможно подтвердить на основании весьма высокого уровня корреляции между SJ и CMJas (рис. 2е).

Пол спортсменов высоко коррелирует с максимальной высотой CMJas и заметно коррелирует с массой тела. Масса тела имеет сильную корреляцию с максимальной высотой SJ и CMJ. При этом максимальная высота прыжка сильно коррелирует между SJ и CMJ весьма сильно коррелирует между SJ и CMJas, однако никак не коррелирует между CMJ и CMJas. Отсутствие корреляции между половой принадлежностью спортсменов и максимальной высотой прыжка SJ можно описать с точки зрения одинакового уровня спортивной подготовки спортсменов, а заметный уровень корреляции с массой тела — тем, что мужчины-спортсмены обладают более высокой массой, чем женщины-спортсмены, однако, это далеко не всегда приводит к более высоким показателям максимальной высоты прыжка (рис. 3а). Аналогичную закономерность можно заметить при высоких показателях корреляции максимальной высоты CMJ с массой тела и отсутствием корреляции с половой принадлежностью. Мужчины обладают большей массой тела, чем женщины, однако прыгают на такую же высоту (рис. 3б).

При рассмотрении CMJas следует обратить внимание на снижение показателя корреляции с массой тела и его увеличением до высокого уровня с половой принадлежностью. Можно говорить о том, что в среднем мужчины в данном тесте прыгали выше, чем женщины. При этом масса тела спортсменов не оказывала никакого влияния на максимальную высоту прыжка. На основании вышесказанного можно предположить, что максимальная высота CMJas обусловлена иными, нежели масса тела и половая принадлежность, показателями, такими как уровень развития координационных способностей и уровень спортивной подготовки (рис. 3в).

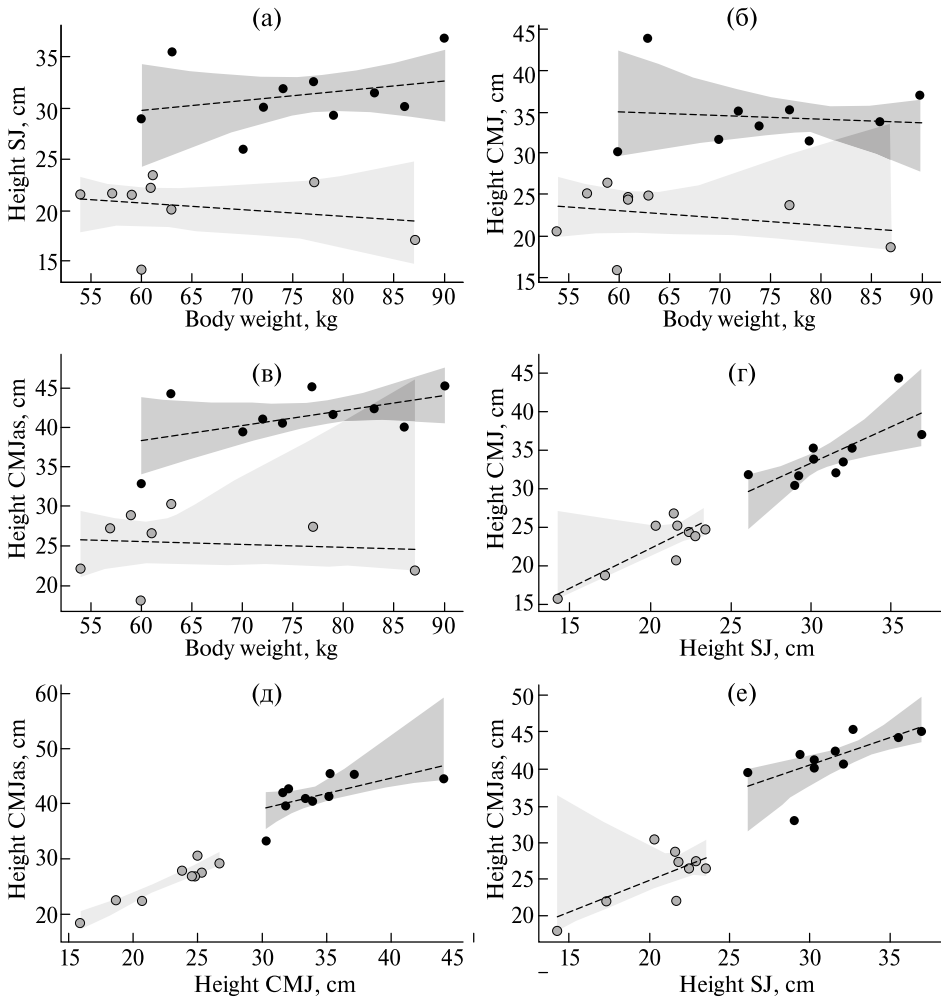


Рис. 2. Показатели взаимосвязи результатов прыжковых тестов с половой принадлежностью и массой тела в группе испытуемых-добровольцев: (а) – связь SJ с массой тела и половой принадлежностью; (б) – связь CMJ с массой тела и половой принадлежностью; (в) – связь CMJas с массой тела и половой принадлежностью; (г) – связь SJ с CMJ и половой принадлежностью; (д) – связь CMJ с CMJas и половой принадлежностью; (е) – связь SJ с CMJas и половой принадлежностью. SJ – прыжок из приседа. CMJ – прыжок с подседом. CMJas – прыжок с подседом и с махом руками. Светло-серым цветом обозначены результаты, полученные при тестировании женщин, черным и темно-серым – при тестировании мужчин

Fig. 2. Indicators of the relationship between the results of jump tests, gender, and body weight in the group of volunteer subjects. (a) – Relationship of SJ with body weight and gender. (б) – Relationship of CMJ with body weight and gender. (в) – Relationship of CMJas with body weight and gender. (г) – Relationship of SJ with CMJ and gender. (д) – Relationship of CMJ with CMJas and gender. (e) – Relationship of SJ with CMJas and gender. SJ – squat jump. CMJ – countermovement jump. CMJas – countermovement jump with arm swing. Light gray – data obtained from testing women. Dark gray – data obtained from testing men

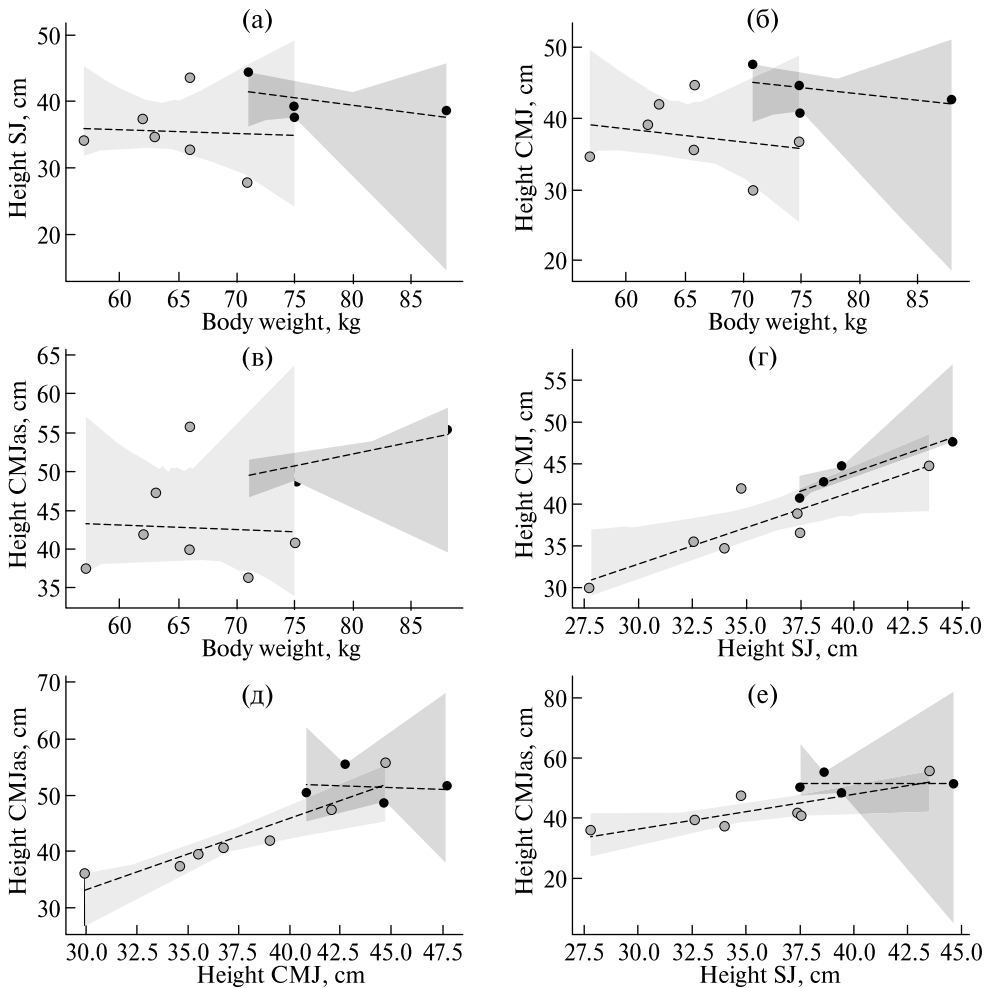


Рис. 3. Показатели взаимосвязи результатов прыжковых тестов с половой принадлежностью и массой тела в группе конькобежцев: (а) – связь SJ с массой тела и половой принадлежностью; (б) – связь CMJ с массой тела и половой принадлежностью; (в) – связь CMJas с массой тела и половой принадлежностью; (г) – связь SJ с CMJ и половой принадлежностью; (д) – связь CMJ с CMJas и половой принадлежностью; (е) – связь SJ с CMJas и половой принадлежностью. SJ – прыжок из приседа. CMJ – прыжок с подседом. CMJas – прыжок с подседом и с махом руками. Светло-серым цветом обозначены результаты, полученные при тестировании женщин, черным и темно-серым – при тестировании мужчин

Fig. 3. Indicators of the relationship between the results of jump tests, gender, and body weight in the group of speed skaters. (a) – Relationship of SJ with body weight and gender. (б) – Relationship of CMJ with body weight and gender. (в) – Relationship of CMJas with body weight and gender. (г) – Relationship of SJ with CMJ and gender. (д) – Relationship of CMJ with CMJas and gender. (е) – Relationship of SJ with CMJas and gender. SJ – squat jump. CMJ – countermovement jump. CMJas – countermovement jump with arm swing. Light gray – data obtained from testing women. Dark gray – data obtained from testing men

Описывая высокую взаимосвязь максимальной высоты прыжка в тестах SJ и CMJ, можно также предположить о более значимом вкладе силы мышц нижних конечностей по сравнению с вкладом эластических структур мышечного аппарата нижних конечностей в достижение наблюдаемой высоты прыжка. В обеих группах половой принадлежности наблюдается положительная линейная взаимосвязь между высотой прыжков, что также может свидетельствовать о преимущественном вкладе мышечной составляющей в высоту прыжка (рис. 3г). Отсутствие взаимосвязи между максимальной высотой CMJ и CMJas, вероятно, обусловлено высокой взаимосвязью половой принадлежности с максимальной высотой прыжков CMJas. Положительную линейную взаимосвязь между описываемыми максимальными высотами показывают только представительницы женского пола, что может свидетельствовать о преимущественном вкладе силы мышц нижних конечностей в достижение максимальной высоты CMJas (рис. 3д).

Увеличение максимальной высоты CMJ у мужчин не обуславливало увеличения максимальной высоты CMJas. Это может свидетельствовать о преимущественном вкладе координационной составляющей в достижение максимальной высоты CMJas у мужчин.

На основании вышесказанного и наличия высокой взаимосвязи между максимальной высотой SJ и CMJas можно говорить о подавляющем вкладе координационных способностей в достижение максимальной высоты CMJas у мужчин и о подавляющем вкладе силы мышц нижних конечностей у женщин. Однако в связи с более высокой массой тела и соответственно менее упругим состоянием эластического корсета нижних конечностей у мужчин, вклад в максимальную высоту CMJas у мужчин и женщин в большей мере обуславливается разными величинами. У мужчин — это преимущественно развитие координационных навыков, у женщин — сочетанное воздействие уровня развития координационных навыков и состояния эластического корсета мышц нижних конечностей (рис. 3е).

Скоростно-силовые возможности в односуставных движениях. На рис. 4 и в табл. 2 представлены результаты скоростно-силового тестирования участников исследования на изокINETическом динамометре “BIODEX System 4 Pro” на угловых скоростях 300, 240, 180, 150, 120, 90, 60 и 30 град/с.

По абсолютным показателям силы мышц-разгибателей коленного сустава (*m. quadriceps femoris*) велосипедисты-мужчины превосходили другие группы на всем диапазоне угловых скоростей (рис. 4а), однако без статистически значимых отличий между группами. Обращает на себя внимание сходство показателей максимальной силы представителей конькобежного спорта и испытуемых-добровольцев. У женщин лучшие показатели силы были получены у конькобежек (рис. 4б). Немногим от них отличались представительницы велосипедного спорта. При этом статистически достоверно отличались показатели максимальной произвольной силы мышц-разгибателей коленного сустава между конькобежками и испытуемыми.

Наибольшая разница между результатами мужчин и женщин была обнаружена в группах велосипедистов и испытателей-добровольцев. При нормировании показателей максимальной произвольной силы на массу тела минимальные различия были выявлены между конькобежцами и конькобежками. Максимальная разница в полученных результатах между мужчинами и женщинами была получена в группе испытуемых-добровольцев. Несмотря на различную массу тела и специализацию, тенденция изменения максимальных моментов силы с уменьшением

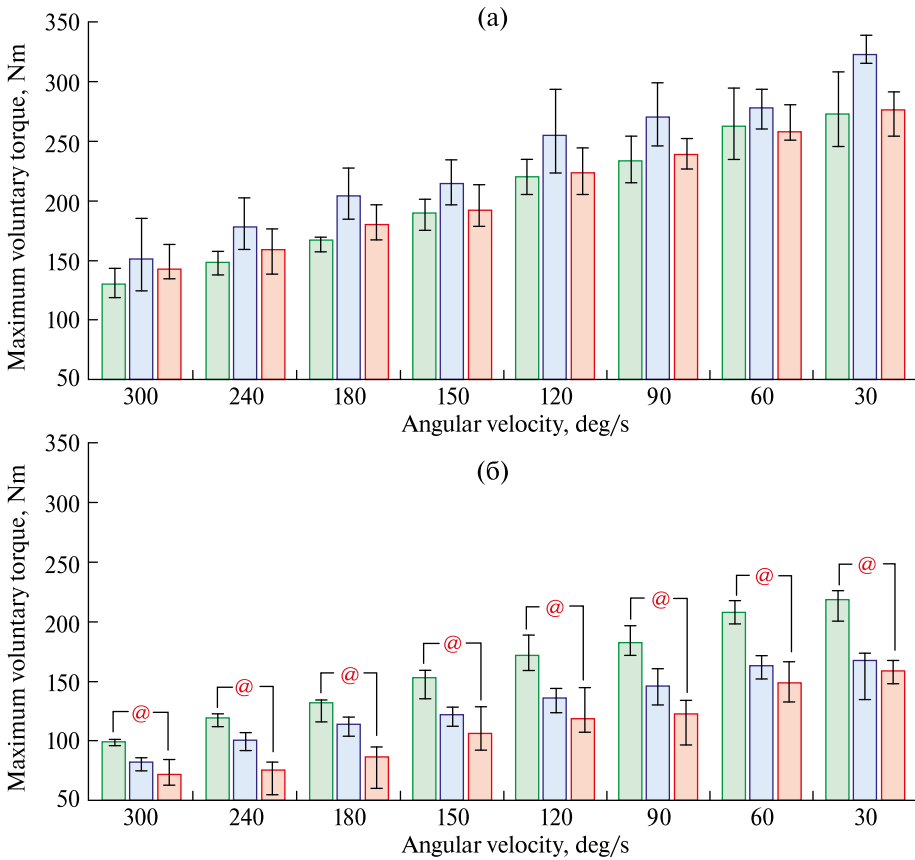


Рис. 4. Показатели максимального момента силы мышц-разгибателей коленного сустава. Данные представлены: Me, Q25–Q75. (а) – результаты, полученные при тестировании мужчин. (б) – результаты, полученные при тестировании женщин. Зеленые столбцы – данные, полученные при тестировании конькобежцев ($n = 12$). Голубые столбцы – данные, полученные при тестировании велосипедистов ($n = 13$). Красные столбцы – данные, полученные при тестировании испытуемых-добровольцев ($n = 19$). Maximum voluntary torque, Nm – максимальный момент силы, Нм. Angular velocity, deg/s – угловая скорость, град/с. MVT / kg – максимальный момент силы, нормированный на массу тела @ – $p < 0.05$ (H-критерий Краскала–Уоллиса)

Fig. 4. Maximum torque values of the knee extensor muscles. Values are reported as median (Me), lower (LQ) and upper (UQ) quartiles. (a) – Results obtained from testing men. (б) – Results obtained from testing women. Green – data obtained from testing speed skaters ($n = 12$). Blue – data obtained from testing cyclists ($n = 13$). Red – data obtained from testing volunteers ($n = 19$). Maximum voluntary torque, Nm. Angular velocity, deg/s. MVT/kg – maximal voluntary torque normalized to body mass. @ – $p < 0.05$ (Kruskal–Wallis H-test)

угловой скорости разгибания коленного сустава одинакова для спортсменов и испытуемых-добровольцев.

Поскольку при анализе полученных результатов были обнаружены некоторые различия в абсолютных и относительных показателях скоростно-силовых

Таблица 2. Показатели максимального момента силы мышц-разгибателей коленного сустава: абсолютной и нормированной на массу тела

Table. 2. Indicators of maximum voluntary contraction of the knee extensor muscles: absolute and normalized to body weight

Показатели максимальной произвольной силы				
Угловая скорость, град/с	Абсолютные		Относительно массы тела	
	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины
Конькобежцы				
300	128.6 (115.3–139.9)	99.3 (97.6–102.9)*	1.4 (1.7–1.9)	1.5 (1.4–1.7)
240	146.5 (136.9–157.0)	118.9 (115.0–125.0)*	1.9 (1.8–2.1)	1.9 (1.7–2.0)*
180	165.6 (163.6–173.8)	132.5 (130.6–149.4)*	2.3 (2.1–2.4)	2.1 (2.0–2.3)*
150	188.3 (176.6–202.0)	152.1 (145.0–168.6)*	2.4 (2.3–2.5)	2.4 (2.2–2.6)*
120	220.0 (206.0–233.6)	171.4 (154.0–184.3)*	2.8 (2.6–2.9)	2.6 (2.4–2.8)*
90	232.1 (211.8–250.2)	181.5 (166.7–191.4)*	2.9 (2.7–3.2)	2.8 (2.7–2.8)*
60	261.5 (229.4–287.5)	207.0 (197.9–215.8)	3.4 (3.2–3.5)	3.2 (3.0–3.4)*
30	272.9 (239.0–301.3)	218.9 (212.6–237.7)	3.6 (3.3–3.7)	3.4 (3.2–3.7)*
Велосипедисты				
300	150.5 (116.1–177.5)	81.4 (76.7–87.1)*	1.8 (1.5–2.1)	1.5 (1.4–1.5)
240	176.8 (152.9–195.1)	100.2 (93.2–108.2)*	2.1 (2.0–2.3)	1.8 (1.7–1.9)
180	202.6 (178.1–221.3)	114.5 (109.7–124.6)*	2.5 (2.3–2.6)	2.0 (1.9–2.1)
150	214.1 (194.5–231.9)	122.2 (116.1–132.2)*	2.6 (2.5–2.7)	2.2 (2.0–2.2)
120	254.4 (216.7–285.4)	136.5 (128.8–148.6)*	3.1 (2.8–3.4)	2.3 (2.2–2.6)
90	268.3 (238.3–289.4)	146.4 (133.0–161.6)*	3.3 (3.1–3.4)	2.4 (2.3–2.7)
60	277.8 (262.3–295.6)	162.7 (154.4–172.8)*	3.4 (3.2–3.5)	2.7 (2.7–2.8)
30	321.4 (304.9–328.6)	167.9 (162.6–200.8)*	3.8 (3.7–3.9)	3.0 (2.9–3.2)
Испытатели-добровольцы				
300	114.5 (120.9–148.7)	71.8 (59.2–79.6)*	1.8 (1.6–1.9)	1.1 (1.0–1.2)*
240	157.4 (138.5–177.1)	76.4 (70.3–97.5)*	2.1 (2.0–2.3)	1.2 (1.1–1.4)*
180	178.7 (162.1–190.8)	87.1 (79.3–114.3)*	2.4 (2.1–2.5)	1.4 (1.3–1.5)*
150	191.6 (171.0–204.4)	107.3 (86.3–121.7)*	2.5 (2.3–2.7)	1.6 (1.4–1.8)*
120	222.8 (201.8–241.5)	119.0 (93.2–131.0)*	2.9 (2.7–3.1)	1.8 (1.6–2.0)*
90	236.8 (221.4–247.6)	122.0 (110.5–147.6)*	3.1 (2.8–3.3)	2.0 (1.8–2.1)*
60	257.8 (236.0–265.9)	147.9 (129.2–163.0)*	3.3 (3.0–3.6)	2.2 (2.1–2.4)*
30	275.7 (261.0–297.9)	158.0 (148.2–168.1)*	3.4 (3.3–4.1)	2.5 (2.3–2.6)*

Данные представлены как Me (Q25–Q75). * – $p < 0.05$ (U-критерий Манна–Уитни).

Values are reported as median (Me), lower (LQ) and upper (UQ) quartiles. * – $p < 0.05$ significantly changes between men and women groups (Mann–Whitney U-test).

проявлений мышц-разгибателей коленного сустава между представителями разных видов спорта и гендерные различия, мы проанализировали вклад разных головок *m. quadriceps femoris* (*m. vastus lateralis*, *m. vastus medialis*, *m. rectus femoris*) в максимальный момент силы по показателям ЭМГ-активности этих мышц на угловых скоростях 300 и 60 град/с. Выбор угловых скоростей 300 и 60 град/с обусловлен следующим. На высоких угловых скоростях (300 град/с) сила мышцы обеспечивается работой высокопороговых двигательных единиц, синхронизация сокращения которых отражается на величине амплитуды СрЭМГ. На высоких скоростях медленные двигательные единицы также активны, однако они не успевают развить максимальное усилие, которое ограничено заданной угловой скоростью и малым временем достижения максимального момента силы (~0.1–0.2 с). При низких угловых скоростях (60 град/с) активны все типы двигательных единиц мышцы, включая медленные [16]. Также при увеличении времени достижения максимального момента силы до 0.6–0.8 с испытуемые успевают развить значительный момент в суставе. Таким образом, результат тестирования на угловой скорости 300 град/с отражает преимущественно проявление скоростных качеств, на угловой скорости 60 град/с – преимущественно силовых качеств.

На рис. 5–7 представлены нормированные моменты силы (Mom/Mom_{30} , %) и амплитуды СрЭМГ *m. quadriceps femoris* ($СрЭМГ/СрЭМГ_{30}$, %) конькобежцев, велосипедистов и испытуемых-добровольцев при разгибании коленного сустава на угловых скоростях 300 и 60 град/с. Зависимость между амплитудой СрЭМГ и моментами разгибания в коленном суставе на угловой скорости 300 град/с среди конькобежцев находится в диапазоне $0.50 \leq r \leq 0.97$ у мужчин и $0.61 \leq r \leq 0.93$ у женщин (рис. 5а, б, в). Зависимость между амплитудой СрЭМГ и моментами силы в коленном суставе на угловой скорости 300 рад/с у конькобежцев составляет: для *m. vastus lateralis* $r = 0.93$ у мужчин, $r = 0.93$ у женщин; для *m. vastus medialis* $r = 0.97$ у мужчин, $r = 0.67$ у женщин; и для *m. rectus femoris* $r = 0.50$ у мужчин, $r = 0.61$ у женщин. На низкой угловой скорости 60 град/с, при которой максимальный момент силы зависит от высокой активности быстрых и медленных двигательных единиц, зависимость между СрЭМГ и моментом силы была ниже по сравнению с угловой скоростью 300 град/с (рис. 5г, д, е). У конькобежцев-мужчин обнаружена слабая корреляционная взаимосвязь – в диапазоне $0.25 \leq r \leq 0.41$; у женщин – $0.24 \leq r \leq 0.85$. Следует отметить, что как на высокой, так и на низкой угловой скорости наибольший вклад в момент силы при разгибании коленного сустава вносят односоставные *m. vastus lateralis*, *m. vastus medialis*, вклад в момент силы *m. rectus femoris* минимален.

Среди велосипедистов зависимость между силой и активностью мышц разгибателей-коленного сустава на угловой скорости 300 град/с несколько отличалась от конькобежцев (рис. 6а, б, в). У мужчин велосипедистов диапазон значений коэффициента корреляции составил $0.38 \leq r \leq 0.85$, у женщин – $0.60 \leq r \leq 0.90$. При этом у мужчин минимальный вклад в момент в коленном суставе вносит *m. vastus lateralis* ($r = 0.38$), максимальный – *m. rectus femoris* ($r = 0.85$). Вклад силы тяги *m. vastus medialis* в момент силы составил $r = 0.74$. У женщин прослеживается аналогичная тенденция – наименьший вклад *m. vastus lateralis* ($r = 0.60$) и более высокий у *m. vastus medialis* ($r = 0.90$) и *m. rectus femoris* ($r = 0.72$).

На низкой угловой скорости у велосипедисток вклад трех головок *m. quadriceps femoris* в момент силы в коленном суставе был практически одинаков, $0.71 \leq r \leq 0.89$. У велосипедистов момент силы в коленном суставе на угловой скорости 60 град/с обеспечивается за счет тяги *m. vastus lateralis* ($r = 0.69$) и *m. rectus femoris* ($r = 0.84$).

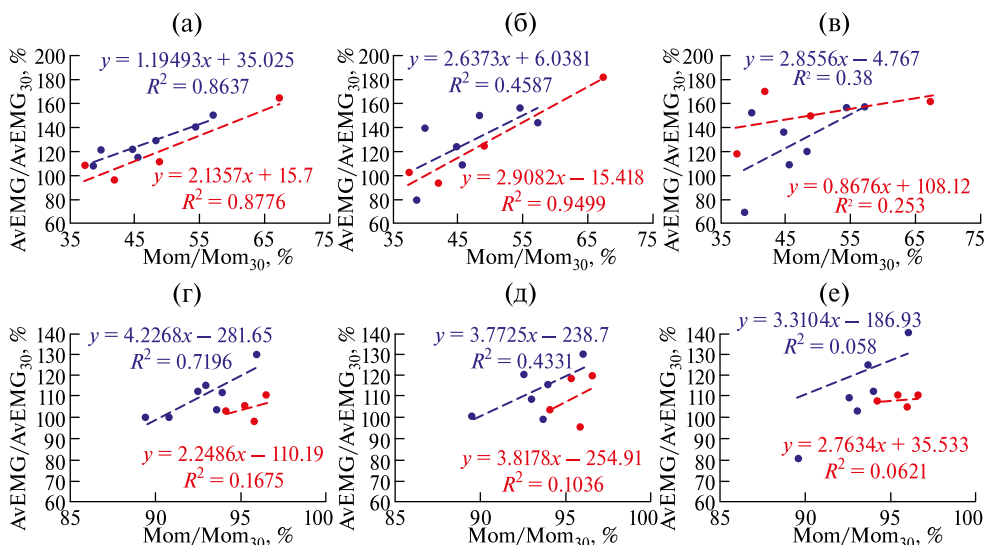


Рис. 5. Нормированные моменты силы (Mom/Mom₃₀, %) и амплитуды СрЭМГ *m. quadriceps femoris* (СрЭМГ/СрЭМГ₃₀, %) конькобежцев ($n = 12$) при изокинетическом тестировании на динамометре “BIODEX System 4 Pro”. (а), (б), (в) – *m. vastus lateralis*, *m. vastus medialis*, *m. rectus femoris* на угловой скорости 300 град/с. (г), (д), (е) – *m. vastus lateralis*, *m. vastus medialis*, *m. rectus femoris* на угловой скорости 60 град/с. Синим цветом обозначены результаты, полученные при тестировании женщин, красным – при тестировании мужчин

Fig. 5. Normalized moments of force (Mom/Mom₃₀, %) and amplitudes of *m. quadriceps femoris* AvEMG (AvEMG/AvEMG₃₀, %) of speed skaters ($n = 12$) during isokinetic testing on the BIODEX System 4 Pro dynamometer. (a), (б), (в) – *m. vastus lateralis*, *m. vastus medialis*, *m. rectus femoris* at an angular velocity of 300 deg/s. (г), (д), (е) – *m. vastus lateralis*, *m. vastus medialis*, *m. rectus femoris* at an angular velocity of 60 deg/s. Blue – data obtained from testing women. Red gray – data obtained from testing men

Для *m. vastus medialis* коэффициент корреляции составил $r = 0.14$, что указывает на минимальный вклад в момент силы этой мышцы у представителей велосипедного спорта (рис. бг, д, е).

При анализе зависимостей ЭМГ-активности и силовых показателей испытуемых-добровольцев были получены следующие результаты (рис. 7). В отличие от профессиональных спортсменов у испытуемых наблюдали более выраженные гендерные отличия проявления скоростно-силовых способностей на разных угловых скоростях. Так, на высокой угловой скорости 300 град/с момент силы в коленном суставе у мужчин обеспечивается в основном тягой двухсуставной *m. rectus femoris* ($r = 0.54$). Односуставные мышцы *m. vastus lateralis*, *m. vastus medialis* практически не участвуют в создании момента в коленном суставе – их вклад крайне мал: $r = 0.07$ и $r = 0.22$ соответственно (рис. 7а, б, в). У женщин на данной угловой скорости мышцы-разгибатели коленного сустава “работают” более координированно – зависимость между амплитудой СрЭМГ и моментами разгибания в суставе находится в диапазоне $0.27 \leq r \leq 0.72$. На низкой угловой скорости 60 град/с вклад трех *m. quadriceps femoris* в момент силы у испытуемых-мужчин распределен более равномерно: от $r = 0.61$ для *m. vastus lateralis* до

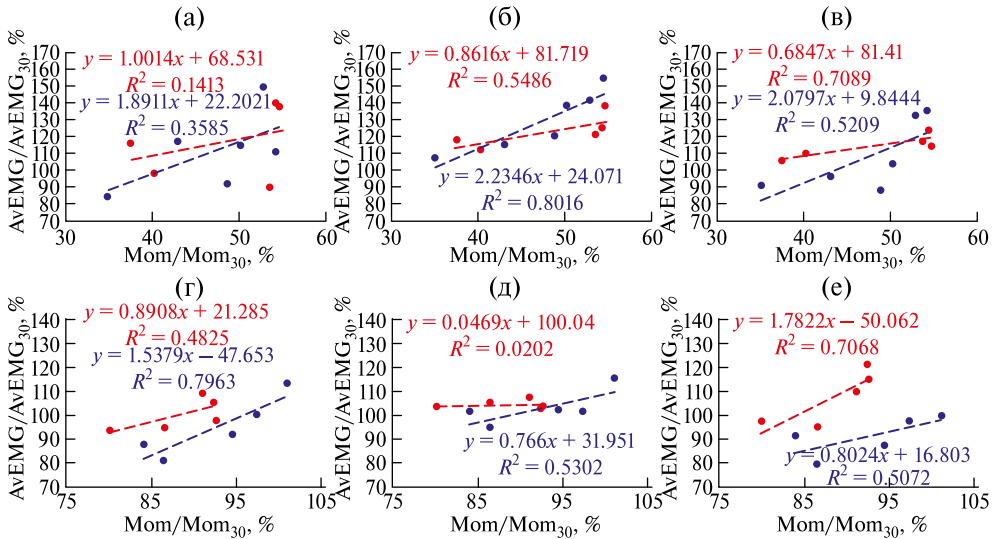


Рис. 6. Нормированные моменты силы (Mom/Mom₃₀, %) и амплитуды СрЭМГ *m. quadriceps femoris* (СрЭМГ/СрЭМГ₃₀, %) велосипедистов ($n = 13$) при изокINETическом тестировании на динамометре “BIODEX System 4 Pro”. (а), (б), (в) – *m. vastus lateralis*, *m. vastus medialis*, *m. rectus femoris* на угловой скорости 300 град/с. (г), (д), (е) – *m. vastus lateralis*, *m. vastus medialis*, *m. rectus femoris* на угловой скорости 60 град/с. Синим цветом обозначены результаты, полученные при тестировании женщин, красным – при тестировании мужчин

Fig. 6. Normalized moments of force (Mom/Mom₃₀, %) and amplitudes of *m. quadriceps femoris* AvEMG (AvEMG/AvEMG₃₀, %) of cyclists ($n = 13$) during isokinetic testing on the BIODEX System 4 Pro dynamometer. (а), (б), (в) – *m. vastus lateralis*, *m. vastus medialis*, *m. rectus femoris* at an angular velocity of 300 deg/s. (г), (д), (е) – *m. vastus lateralis*, *m. vastus medialis*, *m. rectus femoris* at an angular velocity of 60 deg/s. Blue – data obtained from testing women. Red gray – data obtained from testing men

$r = 0.80$ и $r = 0.84$ для *m. vastus medialis* и *m. rectus femoris* соответственно (рис. 7г, д, е). У женщин вклад силы тяги *m. vastus lateralis* ($r = 0.62$) несколько превосходит по значению *m. vastus medialis* и *m. rectus femoris*.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Сравнение групп спортсменов и людей, регулярно не занимающихся спортивными тренировками, показало существенные различия в состоянии эластического корсета мышц нижних конечностей, уровня развития координационных навыков и влияния половой принадлежности и массы тела на достигаемую максимальную высоту прыжка.

В группе спортсменов прослеживается более выраженный вклад эластического корсета нижних конечностей в достигаемую высоту прыжка в то время, как в группе испытуемых-добровольцев отсутствует влияние данного показателя на максимальную высоту прыжка. Аналогичная ситуация описывается с точки зрения уровня развития координационного навыка. Все типы прыжков в группе испытуемых-добровольцев выполнялись преимущественно на основании вклада силы мышц,

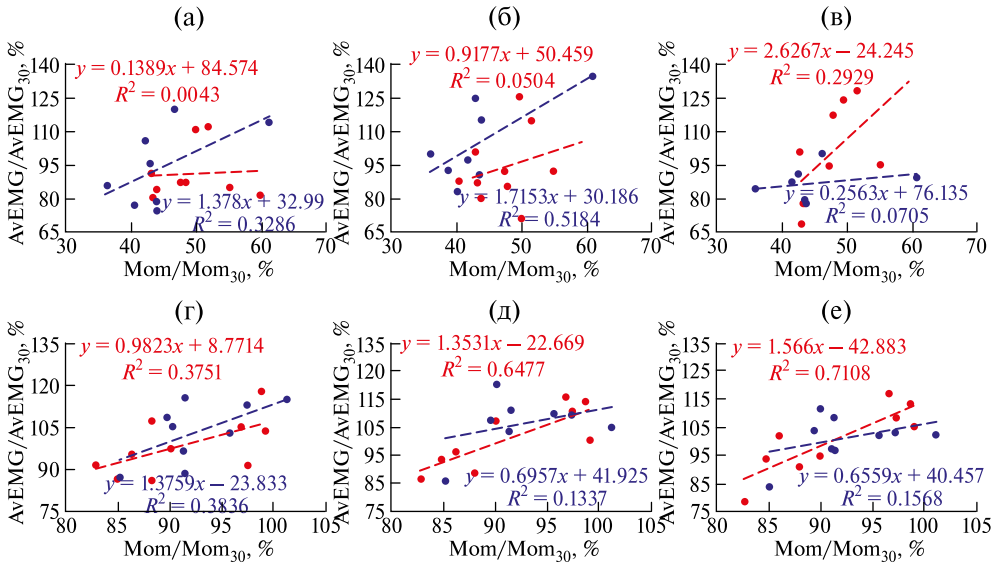


Рис. 7. Нормированные моменты силы (Mom/Mom₃₀, %) и амплитуды СрЭМГ *m. quadriceps femoris* (СрЭМГ/СрЭМГ₃₀, %) испытуемых-добровольцев ($n = 19$) при изокINETическом тестировании на динамометре “BIODEX System 4 Pro”. (а), (б), (в) – *m. vastus lateralis, m. vastus medialis, m. rectus femoris* на угловой скорости 300 град/с. (г), (д), (е) – *m. vastus lateralis, m. vastus medialis, m. rectus femoris* на угловой скорости 60 град/с. Синим цветом обозначены результаты, полученные при тестировании женщин, красным – при тестировании мужчин

Fig. 7. Normalized moments of force (Mom/Mom₃₀, %) and amplitudes of *m. quadriceps femoris* AvEMG (AvEMG/AvEMG₃₀, %) of volunteers ($n = 19$) during isokinetic testing on the BIODEX System 4 Pro dynamometer. (а), (б), (в) – *m. vastus lateralis, m. vastus medialis, m. rectus femoris* at an angular velocity of 300 deg/s. (г), (д), (е) – *m. vastus lateralis, m. vastus medialis, m. rectus femoris* at an angular velocity of 60 deg/s. Blue – data obtained from testing women. Red gray – data obtained from testing men

в то время как у спортсменов прослеживались зависимости с уровнем развития координационных способностей. Между мужчинами-спортсменами и женщинами-спортсменами такой существенной разницы по максимальной высоте прыжка, как в группе испытуемых-добровольцев между мужчинами и женщинами не наблюдалось. Возможно, величина максимальной высоты прыжка в группе спортсменов в гораздо большей степени зависит от уровня тренированности конкретного спортсмена, а не от принадлежности к мужскому или женскому полу. Увеличение массы тела обуславливало увеличением максимальной высоты прыжка в группе испытуемых-добровольцев в гораздо большей степени, чем в группе спортсменов, что, возможно, объясняется увеличением отношения массы мышц к общей массе тела, однако, среди спортсменов увеличение массы мышц приводило скорее к уменьшению максимальной высоты прыжка.

Достоверно высокая зависимость между максимальными моментами силы и показателями ЭМГ-активности мышц означает, что для быстрого и мощного разгибания в коленном суставе одновременно включаются три головки *m. quadriceps*: *m. vastus lateralis, m. vastus medialis, m. rectus femoris*. И напротив, низкие показатели

коэффициента корреляции будут указывать на низкий вклад конкретной мышцы в обеспечение максимального момента силы в коленном суставе.

Оба рассматриваемых нами вида спорта — скоростной бег на коньках и велосипедный (дисциплина BMX) характеризуются преимущественным проявлением максимальных силовых возможностей в короткий промежуток времени.

Несмотря на сравнительно одинаковые тренировочные воздействия у спортсменов-мужчин и спортсменок-женщин, вклад силы тяги мышц-разгибателей коленного сустава в момент *m. quadriceps femoris* различается. У конькобежцев-мужчин максимальный момент силы разгибателей коленного сустава на высокой угловой скорости (300 град/с, что соответствует скорости разгибания во время бега на коньках со скоростью 11.5–12.5 м/с [17]) достигается преимущественно высокой активностью *m. vastus lateralis* и *m. vastus medialis*, а у женщин вклад *m. vastus lateralis*, *m. vastus medialis*, *m. rectus femoris* был практически одинаковым. На низкой угловой скорости 60 град/с у конькобежцев (мужчин и женщин) вклад тяги головок *m. quadriceps femoris* снижается. Это может быть обусловлено тем, что максимальная угловая скорость разгибания коленного сустава при беге конькобежцев на дистанции 1500 м составляет 315 град/с [3]. Это позволяет нам предположить, что разница вклада тяги *m. vastus lateralis*, *m. vastus medialis*, *m. rectus femoris* в момент коленного сустава будет зависеть от специализации спортсмена (в нашем исследовании принимали участие конькобежцы-спринтеры, выступающие на дистанциях 500 и 1500 м), специфичности тренировочного процесса и соответственно адаптации опорно-двигательного аппарата спортсмена к тренировочным и соревновательным нагрузкам.

У велосипедисток на угловой скорости 300 град/с вклад тяги трех головок *m. quadriceps femoris* в момент силы практически одинаков, в то время как у велосипедистов мужчин момент силы зависит от высокой активности *m. vastus medialis* и *m. rectus femoris*. Различия в зависимости вклада отдельных мышц-разгибателей коленного сустава в обеспечение максимального момента силы между конькобежцами и велосипедистами обусловлен особенностями техники вида спорта. При скоростном беге на коньках преимущественно происходит разгибание нижней конечности в коленном и тазобедренном суставах [18], без выраженного сгибания в тазобедренном суставе. При выполнении педалирования запускается целый комплекс взаимодействия мышц, которые создают крутящие моменты в суставах нижних конечностей [19, 20]. Кроме того, ряд исследователей в своих работах уделяет много внимания активности одно- и двухсуставных мышц во время педалирования как в диапазоне малых мощностей (лица, не занимающиеся регулярно тренировками на велосипеде), так и субмаксимальных и максимальных мощностей у спортсменов [21–23]. В нашем исследовании односуставными являются *m. vastus lateralis* и *m. vastus medialis*, двухсуставными — *m. rectus femoris* и *m. biceps femoris* [24]. На высоких мощностях нагрузки при педалировании *m. rectus femoris* принимает на себя функцию по разгибанию коленного сустава. Очевидно, это является тем фактором, который оказывает влияние на изменение вклада тяги *m. rectus femoris* на максимальный момент в коленном суставе на низкой угловой скорости.

Среди испытуемых-добровольцев наибольшая разница между мужчинами и женщинами была выявлена на высокой угловой скорости. Также обращает на себя внимание значительная разница в коэффициентах корреляции на угловой скорости 300 град/с между спортсменами (максимальный вклад мышц в момент в суставе) и испытуемыми (минимальный вклад). Испытуемые-добровольцы попросту не способны развить максимальное усилие в короткий промежуток времени, чего требует

выполнение движения на угловой скорости 300 град/с. Мышечный аппарат спортсменов адаптирован к таким движениям в процессе многолетней спортивной тренировки. На низкой угловой скорости 60 град/с разница между спортсменами и добровольцами в показателях зависимости СрЭМГ и момента силы становится меньше.

Таким образом, по результатам проведенного комплексного исследования можно сделать следующие выводы. Наличие высокой взаимосвязи между максимальной высотой SJ и СМJas свидетельствует о преимущественном вкладе развития координационных способностей в достижение максимальной высоты СМJas у мужчин и о подавляющем вкладе силы мышц нижних конечностей у женщин. Вклад в максимальную высоту СМJas у мужчин и женщин в большей мере обуславливается разными величинами. У мужчин – это преимущественно развитие координационных навыков, у женщин – сочетанное воздействие уровня развития координационных навыков и состояния эластического корсета мышц нижних конечностей.

Скоростно-силовые возможности мышц-разгибателей коленного сустава при выполнении односуставного движения достоверно не отличаются в группах спортсменов- конькобежцев и велосипедистов, как среди мужчин, так и среди женщин.

Величина момента в коленном суставе на угловой скорости 300 град/с у конькобежек и велосипедисток зависит от высокой активности трех исследуемых нами головок *m. quadriceps femoris* и практически одинаков. У спортсменов-мужчин момент силы в коленном суставе зависит преимущественно от высокой активности *m. vastus medialis*. На низких угловых скоростях у спортсменов (мужчин и женщин) преобладает вклад *m. rectus femoris*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе мы впервые использовали экспериментальный образец контактной светодиодной дорожки (ЭОКСД), применение которой позволяет оценивать скоростно-силовые качества человека при выполнении многосуставных движений (вертикальные прыжки вверх, являющиеся индикатором силы мышц нижних конечностей).

Результаты исследования позволили оценить гендерные различия при выполнении одно- и многосуставных движений в тестах, направленных на оценку скоростно-силовых проявлений мышц нижних конечностей у представителей конькобежного и велосипедного спорта, а также людей, не занимающихся регулярными физическими нагрузками.

Выявленные различия между представителями разных видов спорта мы связываем с особенностями тренировочных и соревновательных нагрузок, особенностями техники исполнения соревновательных упражнений.

Использование предложенной нами методики с применением в тестировании ЭОКСД и изокINETического динамометра в практике тренировочного процесса может выявить “сильные” и “слабые” стороны спортсменов при оценке функционального состояния опорно-двигательного аппарата нижних конечностей и вносить необходимые корректировки в тренировочные упражнения. При выборе какого из используемых в нашей работе тестовых протоколов предпочтительно применять для оценки скоростно-силовых возможностей спортсменов, мы рекомендуем исходить из конкретных задач, условий и текущего функционального состояния спортсмена. Если перед тренером и спортсменом стоит задача оперативного текущего контроля силовых возможностей мышечного аппарата нижних конечностей, то, несомненно,

надо использовать прыжковые тесты, которые не требуют дорогостоящего оборудования, просторного помещения и т.п. условия. В то же время прыжковые тесты позволяют оценить силу мышц, состояние эластического корсета мышечного аппарата и координационные способности. С целью определения эффективности тренировочной программы на разных этапах спортивной подготовки (подготовительный, соревновательный периоды) прыжковые тесты можно дополнить тестированием на изокINETическом динамометре. В данном случае тренер и спортсмен получают данные не только об уровне развития скоростно-силовых возможностей. Используя комплексное тестирование на динамометре с регистрацией ЭМГ-активности мышц можно судить о “внутренней” стороне нагрузки, а именно, о работе мышц при выполнении того или иного тестового упражнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зациорский В.М. *Физические качества спортсмена: основы теории и методики воспитания*. М.: Спорт, 2019.
2. Верхошанский Ю.В. *Основы специальной физической подготовки спортсменов*. М.: Физкультура и спорт, 1988.
3. Попов Д.В., Бравый Я.Р., Лемешева Ю.С. и др. Прогнозирование спортивного результата конькобежцев-многоборцев по данным физиологического тестирования. *Теория и практика физ. культуры*. 2008. № 9. С. 40–43.
4. Felser S., Behrens M., Fischer S. et al. Relationship between strength qualities and short track speed skating performance in young athletes. *Scand. J. Med. Sci. Sports*. 2016. Vol. 26. No. 2. Pp. 165–171. <https://doi.org/10.1111/sms.12429>
5. Kanehisa H., Okuyama H., Ikegawa S., Fukanaga T. Sex differences in force generation capacity during repeated maximal knee extensions. *Eur. J. Appl. Physiol*. 1996. Vol. 73. No. 6. Pp. 557–562. <https://doi.org/10.1007/BF00357679>
6. Pincivero D.M., Gear W.S., Sterner R.L., Karunakara R.G. Gender differences in the relationship between quadriceps work and fatigue during high-intensity exercise. *J. Strength Cond. Res*. 2000. Vol. 14. Pp. 202–206.
7. Henriksson-Larsen K. Distribution, number and size of different types of fibers in whole cross-sections of female m. tibialis anterior. An enzyme histochemical study. *Acta Physiol. Scand*. 1985. Vol. 123. Pp. 229–235. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1985.tb07574.x>
8. Simoneau J.A., Bouchard C. Human variation in skeletal muscle fiber-type proportion and enzyme activities. *Am. J. Physiol*. 1989. Vol. 257. Pp. E567–E572. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1989.257.4.E567>
9. Pincivero D.M., Campy R.M., Salfetnikov Y., Bright A., Coelho A.J. Influence of contraction intensity, muscle, and gender on median frequency of the quadriceps femoris. *J. Appl. Physiol*. 2001. Vol. 90. Pp. 804–810. <https://doi.org/10.1152/jappl.2001.90.3.804>
10. Hermens H.J., Freriks B., Disselhorst-Klug C., Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J. Electromyogr. Kinesiol*. 2000. Vol. 10. Pp. 361–374. [https://doi.org/10.1016/s1050-6411\(00\)00027-4](https://doi.org/10.1016/s1050-6411(00)00027-4)
11. Xu J., Turner A., Comfort P. et al. A systematic review of the different calculation methods for measuring jump height during the countermovement and drop jump tests. *Sports Med*. 2023. Vol. 53. No. 5. Pp. 1055–1072. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01828-x>

12. Kozinc Ž., Žitnik J., Smajla D. et al. The difference between squat jump and countermovement jump in 770 male and female participants from different sports. *Eur. J. Sport Sci.* 2022. Vol. 22. No. 7. Pp. 985–993. <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1936654>
13. Воронов А.В. *Методика применения измерительных устройств с элементами обратной связи при скоростно-силовой тренировке конькобежцев*. М.: Социально-полит. мысль, 2010.
14. Воронов А.В., Шпаков А.В., Соколов Н.Н. и др. Оценка биомеханических характеристик мышц нижних конечностей с помощью контактной светодиодной дорожки. *Теория и практика физ. культуры*. 2025. № 8. С. 96–98.
15. Baak M., Koopman R., Snoek H. et al. A new correlation coefficient between categorical, ordinal and interval variables with Pearson characteristics. *Comput. Stat. Data Anal.* 2020. Vol. 152. 107043. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2020.107043>
16. Linnamo V., Moritani T., Nicol C. et al. Motor unit activation patterns during isometric, concentric and eccentric actions at different force levels. *J. Electromyogr. Kinesiol.* 2003. Vol. 13. No. 1. Pp. 93–101. [https://doi.org/10.1016/s1050-6411\(02\)00063-9](https://doi.org/10.1016/s1050-6411(02)00063-9)
17. Воронов А.В., Лемешева Ю.С. Биомеханический анализ техники бега на коньках. *Вестник спортивной науки*. 2012. № 3. С. 34–43.
18. Kaartinen S., Venojärvi M., Lesch K.J. et al. Lower limb muscle activation patterns in ice hockey skating and associations with skating speed. *Sports Biomech.* 2024. Vol. 23. No. 11. Pp. 2233–2248. <https://doi.org/10.1080/14763141.2021.2014551>
19. Hug F., Laplaud D., Lucia A. et al. EMG threshold determination in eight lower limb muscles during cycling exercise: a pilot study. *Int. J. Sports Med.* 2006. Vol. 27. No. 6. Pp. 456–462. <https://doi.org/10.1055/s-2005-865787>
20. Kerr A., Rafferty D., Moffat F. et al. Specificity of recumbent cycling as a training modality for the functional movements; sit-to-stand and step-up. *Clin. Biomech.* 2007. Vol. 22. No. 10. Pp. 1104–1111. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2007.06.006>
21. Momeni K., Faghri P.D., Evans M. Lower-extremity joint kinematics and muscle activations during semi-reclined cycling at different workloads in healthy individuals. *J. Neuroeng. Rehabil.* 2014. Vol. 11. 146. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-146>
22. Sarre G., Lepers R., Maffiuletti N. et al. Influence of cycling cadence on neuromuscular activity of the knee extensors in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2002. Vol. 88. No. 4–5. Pp. 476–479. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0738-6>
23. Bing F., Zhang G., Wang Y. et al. Effects of workload and saddle height on muscle activation of the lower limb during cycling. *Biomed. Eng. Online.* 2024. Vol. 23. No. 1. 6. <https://doi.org/10.1186/s12938-024-01199-y>
24. Zagrodny B., Ludwicki M., Wojnicz W. et al. Cooperation of mono- and bi-articular muscles: human lower limb. *J. Musculoskelet. Neuron Interact.* 2018. Vol. 18. No. 2. Pp. 176–182.

REFERENCES

1. Zatsiorsky V.M. *Fizicheskie kachestva sportsmena: osnovy teorii i metodiki vospitaniia* [Physical qualities of an athlete: fundamentals of theory and methods of education]. Moskva: Sport; 2019. (In Russ.)

2. Verhoshansky Ju.V. *Osnovy spetsialnoi fizicheskoi podgotovki sportsmenov* [Fundamentals of special physical training of athletes]. Moskva: Fizkul'tura i sport; 1988. (In Russ.)
3. Popov D.V., Bravy Ja.R., Lemesheva Ju.S. et al. Prognozirovanie sportivnogo rezultata konkobezhtsev-mnogobortsev po dannym fiziologicheskogo testirovaniia [Prediction of the result of all-round speed skaters by physiological indices]. *Teorija i praktika fiz. kul'tury*. 2008;**9**:40–43. (In Russ.)
4. Felser S., Behrens M., Fischer S. et al. Relationship between strength qualities and short track speed skating performance in young athletes. *Scand. J. Med. Sci. Sports*. 2016;**26**(2):165–171. <https://doi.org/10.1111/sms.12429>
5. Kanehisa H., Okuyama H., Ikegawa S. et al. Sex differences in force generation capacity during repeated maximal knee extensions. *Eur. J. Appl. Physiol*. 1996;**73**(6):557–562. <https://doi.org/10.1007/BF00357679>
6. Pincivero D.M., Gear W.S., Sterner R.L. et al. Gender differences in the relationship between quadriceps work and fatigue during high-intensity exercise. *J. Strength Cond. Res*. 2000;**14**:202–206.
7. Henriksson-Larsen K. Distribution, number and size of different types of fibers in whole cross-sections of female m. tibialis anterior. An enzyme histochemical study. *Acta Physiol. Scand*. 1985;**123**:229–235. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1985.tb07574.x>
8. Simoneau J.A., Bouchard C. Human variation in skeletal muscle fiber-type proportion and enzyme activities. *Am. J. Physiol*. 1989;**257**:E567–E572. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1989.257.4.E567>
9. Pincivero D.M., Campy R.M., Salfetnikov Y. et al. Influence of contraction intensity, muscle, and gender on median frequency of the quadriceps femoris. *J. Appl. Physiol*. 2001;**90**:804–810. <https://doi.org/10.1152/jappl.2001.90.3.804>
10. Hermens H.J., Freriks B., Disselhorst-Klug C. et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J. Electromyogr. Kinesiol*. 2000;**10**:361–374. [https://doi.org/10.1016/s1050-6411\(00\)00027-4](https://doi.org/10.1016/s1050-6411(00)00027-4)
11. Xu J., Turner A., Comfort P. et al. A systematic review of the different calculation methods for measuring jump height during the countermovement and drop jump tests. *Sports Med*. 2023;**53**(5):1055–1072. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01828-x>
12. Kozinc Ž., Žitnik J., Smajla D. et al. The difference between squat jump and countermovement jump in 770 male and female participants from different sports. *Eur. J. Sport Sci*. 2022;**22**(7):985–993. <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1936654>
13. Voronov A.V. *Metodika primeneniya izmeritel'nykh ustroystv s elementami obratnoy svyazi pri skorostno silovoy trenirovke kon'kobezhcev* [Methodology for using measuring devices with feedback elements in speed and strength training for speed skaters]. Moskva: Social'no-polit mysl'; 2010. (In Russ.)
14. Voronov A.V., Shpakov A.V., Sokolov N.N. et al. Otsenka biomekhanicheskikh kharakteristik myshts nizhnikh konechnosti s pomoshchiu kontaktnoi svetodiodnoi dorozhki [Analysis of the biomechanics of muscle activity of the lower limbs using a contact LEE platform]. *Teorija i praktika fiz. kul'tury = Theory and Practice of Physical Culture*. 2025;**8**:96–98. (In Russ.)
15. Baak M., Koopman R., Snoek H. et al. A new correlation coefficient between categorical, ordinal and interval variables with Pearson characteristics. *Comput. Stat. Data Anal*. 2020;**152**:107043. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2020.107043>

16. Linnamo V., Moritani T., Nicol C. et al. Motor unit activation patterns during isometric, concentric and eccentric actions at different force levels. *J. Electromyogr. Kinesiol.* 2003;**13**(1):93–101. [https://doi.org/10.1016/s1050-6411\(02\)00063-9](https://doi.org/10.1016/s1050-6411(02)00063-9)
17. Voronov A.V., Lemesheva Ju.S. Biomekhanicheskiy analiz tekhniki bega na kon'kakh [Biomechanical analysis of skating technique]. *Vestnik sportivnoy nauki = Sports Science Bulletin.* 2012;(3):34–43. (In Russ.)
18. Kaartinen S., Venojärvi M., Lesch K.J. et al. Lower limb muscle activation patterns in ice hockey skating and associations with skating speed. *Sports Biomech.* 2024;**23**(11):2233–2248. <https://doi.org/10.1080/14763141.2021.2014551>
19. Hug F., Laplaud D., Lucia A. et al. EMG threshold determination in eight lower limb muscles during cycling exercise: a pilot study. *Int. J. Sports Med.* 2006;**27**(6):456–462. <https://doi.org/10.1055/s-2005-865787>
20. Kerr A., Rafferty D., Moffat F. et al. Specificity of recumbent cycling as a training modality for the functional movements; sit-to-stand and step-up. *Clin. Biomech.* 2007;**22**(10):1104–1111. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2007.06.006>
21. Momeni K., Faghri P.D., Evans M. Lower-extremity joint kinematics and muscle activations during semi-reclined cycling at different workloads in healthy individuals. *J. Neuroeng. Rehabil.* 2014;**11**:146. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-146>
22. Sarre G., Lepers R., Maffiuletti N. et al. Influence of cycling cadence on neuromuscular activity of the knee extensors in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2002;**88**(4–5):476–479. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0738-6>
23. Bing F., Zhang G., Wang Y. et al. Effects of workload and saddle height on muscle activation of the lower limb during cycling. *Biomed. Eng. Online.* 2024;**23**(1):6. <https://doi.org/10.1186/s12938-024-01199-y>
24. Zagrodny B., Ludwicki M., Wojnicz W. et al. Cooperation of mono- and bi-articular muscles: human lower limb. *J. Musculoskelet. Neuron Interact.* 2018;**18**(2):176–182.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Воронов Андрей Владимирович — вед. науч. сотр.,
Федеральный научный центр физической культуры и спорта,
Москва, Российская Федерация
E-mail: voronov3057@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4358-3982>

Шпаков Алексей Васильевич — зав. лабораторией,
Государственный научный центр РФ — Институт медико-биологических проблем РАН,
Москва, Российская Федерация
E-mail: avshpakov@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-0073-2944>

Примаченко Герман Константинович — науч. сотр.,
Государственный научный центр РФ — Институт медико-биологических проблем РАН,
Москва, Российская Федерация
E-mail: g.k.primachenko@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0003-2713-2898>

Соколов Николай Николаевич — науч. сотр.,
Федеральный научный центр физической культуры и спорта,
Москва, Российская Федерация
E-mail: tlentlen@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0001-7645-3589>

Малкин Роман Викторович — науч. сотр.,
Федеральный научный центр физической культуры и спорта,
Москва, Российская Федерация
E-mail: malkin.rw@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0000-6495-7037>

AUTHOR INFORMATION

Voronov, Andrey V. — Head Scientist Researcher,
Federal Science Center of Physical Culture and Sport (VNIIFK),
Moscow, Russian Federation
E-mail: voronov3057@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4358-3982>

Shpakov, Alexey V. — Head of Laboratory,
Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russian Federation
E-mail: avshpakov@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-0073-2944>

Primachenko, German K. — Research Officer,
Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russian Federation
E-mail: g.k.primachenko@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0003-2713-2898>

Sokolov, Nikolay N. — Research Officer,
Federal Science Center of Physical Culture and Sport (VNIIFK),
Moscow, Russian Federation
E-mail: tlentlen@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0001-7645-3589>

Malkin, Roman V. — Research Officer,
Federal Science Center of Physical Culture and Sport (VNIIFK),
Moscow, Russian Federation
E-mail: malkin.rw@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0000-6495-7037>

Поступила в редакцию 27.08.2025
После доработки 30.09.2025
Принята к публикации 01.10.2025

Received August 27, 2025
Revised September 30, 2025
Accepted October 1, 2025