

6. Шишко, В. И. Вегетативная регуляция сердечной деятельности / В. И. Шишко // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. – 2009. – № 3. – С. 6–8.
7. Шлык, Н. И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов : моногр. / Н. И. Шлык. – Ижевск : УдГУ, 2009. – 255 с.
8. Логвин, В. П. Лабораторный практикум по учебной дисциплине «Физиология спорта» / В. П. Логвин, Т. В. Лойко, Н. В. Жилко ; под общ. ред. В. И. Логвин. – 7-е изд. стер. – Минск : БГУФК, 2017. – 88 с.
9. Юшкевич, Т. П. Управление тренировочной нагрузкой юных спринтеров на основе показателей функционального контроля : метод. рекомендации / Т. П. Юшкевич, В. И. Приходько, Т. В. Лойко. – Минск : БГУФК, 2011. – 26 с.
10. Соматическое здоровье и методы его оценки : учеб.-метод. пособие по дисциплине «Физическое воспитание» для студентов всех специальностей / сост. : В. А. Пасичниченко, Д. Н. Давиденко. – Минск : БГТУ, 2006. – 44 с.
11. Гамза, Н. А. Функциональные пробы в спортивной медицине / Н. А. Гамза, Г. Р. Солянка, Т. В. Жукова. – 2-е изд., испр. – Минск : БГУФК, 2011. – 57 с.

УДК 796.92+796.01:612

МОРОЗ Елена Александровна

Белорусский государственный университет физической культуры,

ЗАХАРЕВИЧ Анна Леонидовна

ИВАНОВА Неля Викторовна, канд. биол. наук, доцент

Республиканский научно-практический центр спорта,
Минск, Республика Беларусь

ОСОБЕННОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АЭРОБНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ ПРИ ТЕСТИРОВАНИИ НА РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ЭРГОМЕТРОВ

В статье представлены результаты определения аэробной работоспособности в тестах со ступенчато повышающейся мощностью работы «до отказа» на различных эргометрах у 54 высококвалифицированных лыжников-гонщиков. Показано, что для определения аэробной производительности и емкости гликолитического механизма энергообеспечения мышечной деятельности на лыжероллерном тредбане наиболее эффективно тестирование по протоколу 1 (движение коньковым ходом на лыжероллерах с постоянной скоростью движения ленты тредбана, увеличение угла наклона тредбана на 1° каждые 4 минуты). Результаты тестирования на лыжероллерном тредбане по протоколу 2 (бесшажный одновременный ход на лыжероллерах, скорость движения ленты тредбана постоянная, увеличение угла наклона тредбана на 1°) информативны при оценке анаэробных возможностей организма спортсменов.

Ключевые слова: лыжероллерный тредбан; лыжные гонки; аэробные возможности; аэробная производительность; работоспособность; максимальное потребление кислорода; протоколы исследования.

FEATURES OF THE AEROBIC ABILITIES OF SKIERS-RACERS TESTED ON VARIOUS TYPES OF ERGOMETERS

The article presents the results of aerobic performance determining in 54 highly qualified skiers-racers tested with step-increasing work power “until volitional exhaustion” on different types of ergometers. It is shown that to determine the aerobic performance and capacity of the glycolytic mechanism of muscle activity energy supply on a ski roller treadmill, the most effective testing is carried out according to Protocol 1 (skating stride on roller skis with a constant speed of the treadmill belt, the angle of the treadmill increase by 1° every 4 minutes). The testing results on a roller ski treadmill according to Protocol 2 (double poling on roller skis, constant speed of the treadmill belt, the angle of the treadmill increase by 1°) are informative when evaluating the athletes’ anaerobic abilities.

Keywords: roller ski treadmill; cross-country skiing; aerobic abilities; aerobic performance; physical performance; maximum oxygen consumption; research protocols.

Введение. Специальная работоспособность лыжников гонщиков определяется как аэробными, так и анаэробными процессами энергообеспечения мышечной деятельности, генерирующими высокие силу и мощность в верхних и в нижних конечностях [1, 2].

Для определения аэробных возможностей в практике спортивной науки широко используются нагрузочные тесты, являющиеся неинвазивными, информативными, воспроизводимыми методами оценки функциональной подготовленности спортсменов [3–6].

Одним из основных определяемых у элитных лыжников гонщиков показателей, характеризующим аэробную работоспособность, является максимальное потребление кислорода (МПК) [7, 8]. МПК можно определять у спортсменов по результатам работы субмаксимальной и максимальной мощности на лыжном эргометре, велоэргометре, тредмиле или гребном эргометре [2, 9–11].

Для более точного определения аэробных показателей необходимы специфичные тестовые нагрузки с вовлечением мышечных групп верхних и нижних конечностей. Для тестирования лыжников могут быть использованы бег на лыжероллерах на тредбане или в полевых условиях, а также тесты с преимущественной работой мышц плечевого пояса, – одновременный бесшажный ход на лыжероллерном тредбане или тестирование на ручном эргометре [12–14].

Выбор не только вида эргометра, но и протокола нагрузки – важная и сложная задача при определении аэробной работоспособности спортсменов [15].

Различия в алгоритмах тестирования могут заключаться в длительности ступени и скорости прироста интенсивности нагрузки, наличии и продолжи-

тельности периодов отдыха/остановки между ступенями.

Необходимо подчеркнуть, что своевременная комплексная оценка функциональной подготовленности в лыжном спорте является необходимым условием повышения эффективности спортивной подготовки лыжников-гонщиков [16].

Поэтому сохраняется актуальность поиска наиболее эффективных протоколов тестирования на лыжероллерном тредбане, а также на других эргометрах для определения аэробной производительности лыжников гонщиков.

Целью настоящего исследования являлось выявление наиболее эффективного тестирования на эргометре для определения аэробных возможностей спортсменов, специализирующихся в лыжных гонках.

Исследования проводились в рамках проекта 116-18т «Разработать и внедрить метод определения аэробной производительности в условиях тестирования на лыжероллерном тредбане представителей зимних видов спорта».

Основная часть. В статье представлены результаты определения аэробной работоспособности в тестах со ступенчато повышающейся мощностью работы «до отказа» на различных эргометрах. В обследовании приняли участие 54 лыжника-гонщика высокой квалификации (34 мужчины и 20 женщин) в возрасте от 16 до 24 лет.

Исследование включало в себя проведение функционального нагрузочного тестирования с определением показателей газоанализа и забором крови на лактат на лыжероллерном тредбане, велоэргометре и ручном эргометре.

Тестирование на лыжероллерном тредбане проводили по трем протоколам.

Протокол 1 – движение коньковым ходом на лыжероллерах, скорость движения ленты тредбана постоянная, увеличение угла наклона тредбана на 1° каждые 4 минуты.

Протокол 2 – бесшажный одновременный ход (на лыжероллерах), скорость движения ленты тредбана постоянная, увеличение угла наклона тредбана на 1° каждые 2,5 минуты.

Протокол 3 – ходьба без использования лыжероллеров с лыжными палками, скорость движения ленты тредбана постоянная, увеличение угла наклона тредбана на 1° каждые 3 минуты.

Из группы спортсменов, принимавших участие в исследовании, 16 лыжников-гонщиков (8 мужчин и 8 женщин, подготовительный этап подготовки) тестировались на различных эргометрах: лыжероллером тредбана, велоэргометре, ручном эргометре.

В качестве маркеров были выбраны: максимальная частота сердечных сокращений (ЧСС) как показатель функционального состояния сердечно-сосудистой системы (ССС). МПК – один из основных показателей, характеризующих аэробные возможности организма. Максимальная концентрация лактата в крови после выполнения тестирующего задания, как показатель емкости гликолитического механизма энергообеспечения мышечной деятельности.

Полученные и расчетные данные исследования были обработаны с использованием пакета программ STATISTIKA. Поскольку большая часть значений исследуемых показателей не соответствовала закону нормального распределения, были использованы непараметрические методы описательной статистики. Для сопоставления количественных признаков (МПК, ЧСС, максимальная концентрация лактата в крови после нагрузки)

групп, проходивших тестирование по разным протоколам, применяли U-критерий Манна-Уитни. Для сопоставления значений МПК и ЧСС у группы лыжников, проходивших исследование на различных эргометрах на одном этапе подготовки, использовали ранговый дисперсионный анализ по Фридмену, при $p < 0,05$. Для парного сравнения полученных значений использовали критерий Вилкоксона. Данные представлены в виде медианы и интерквартильного размаха.

У мужчин при проведении тестирования спортсменов по протоколу 1 ($n=29$) величина МПК составила 64,0 мл/мин/кг (от 60,0 до 67,0 мл/мин/кг), по протоколу 2 ($n=8$) – 56,5 мл/мин/кг (от 53,0 до 60,5 мл/мин/кг) (рисунок 1). Полученные значения МПК при проведении тестирований мужчин на лыжероллерном тредбана по разным протоколам статистически значимо отличались ($p=0,005$), что свидетельствует о большем раскрытии аэробных возможностей при выполнении работы по протоколу 1.

У женщин при проведении тестирования по протоколу 1 ($n=12$) величина МПК составила 55,0 мл/мин/кг (от 54,0 до 57,0 мл/мин/кг), по протоколу 2 ($n=5$) – 47,0 мл/мин/кг (от 45,0 до 49,0 мл/мин/кг), протоколу 3 ($n=3$) – 47,0 мл/мин/кг (от 46,0 до 48,0 мл/мин/кг). Значения МПК у женщин, полученные при проведении тестирования по протоколу 1, значимо отличались от величин МПК, зарегистрированных при тестировании по протоколу 2 ($p=0,002$) и по протоколу 3 ($p=0,011$). Значения МПК, полученные при тестировании по протоколу 2 и 3, не отличались. Полученные данные, как и у мужчин, указывают, что спортсменки демонстрируют лучшие аэробные возможности в тестах по протоколу 1.

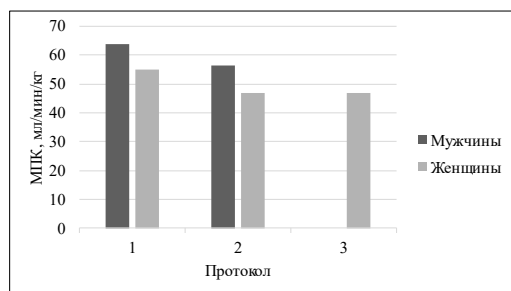


Рисунок 1. – Значения МПК у лыжников-гонщиков при тестировании на лыжероллерном тредбане с использованием различных протоколов

У мужчин значение максимальной ЧСС составило 202 уд/мин (от 194 до 209) и 188 уд/мин (от 185 до 193 уд/мин) при работе по протоколу 1 и 2 соответственно (рисунок 2). Полученные данные статистически значимо отличались ($p=0,0009$). У женщин значение максимальной ЧСС составило 204 уд/мин (от 198 до 215 уд/мин), 185 уд/мин (от 174 до 196 уд/мин) и 198 уд/мин (от 191 до 210 уд/мин) при работе по протоколу 1, 2 и 3 соответственно. Полученные данные максимальной ЧСС статистически значимо больше при выполнении задания по протоколу 1 в сравнении с протоколом 2 ($p=0,002$), что указывает на большее напряжение ССС при тестировании по протоколу 1.

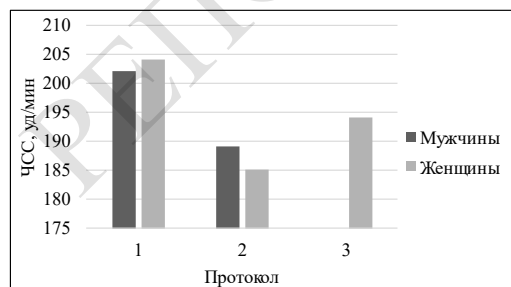


Рисунок 2. – Значения ЧСС_{макс.} у лыжников-гонщиков при тестировании на лыжероллерном тредбане с использованием различных протоколов

У мужчин значение максимальной концентрации лактата после работы составило 11,09 ммоль/л (от 9,79 до 12,72 ммоль/л) и 9,52 ммоль/л (от 8,17 до 11,86 ммоль/л) по протоколу 1 и 2 соответственно (рисунок 3). Полученные данные статистически значимо отличались ($p=0,0009$). Следовательно, емкость гликолиза у лыжников-гонщиков эффективнее определять при тестировании на лыжероллерном тредбане, используя протокол 1.

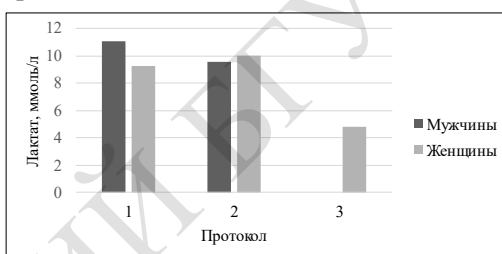


Рисунок 3. – Максимальная концентрация лактата в крови у лыжников-гонщиков после тестирования на лыжероллерном тредбане с использованием различных протоколов

У женщин значение максимальной концентрации лактата после работы составило 9,28 ммоль/л (от 8,28 до 12,25 ммоль/л), 10,02 ммоль/л (от 8,61 до 10,40 ммоль/л) и 4,80 ммоль/л (от 4,76 до 11,86 ммоль/л) по протоколу 1, 2 и 3 соответственно. Полученные значения максимальной концентрации лактата в крови после выполнения теста статистически значимо отличались после 2-го и 3-го, 1-го и 3-го протокола ($p=0,037$ и $p=0,025$ соответственно). Максимальные концентрация и лактата после протокола 1 и 2 не отличались. Это свидетельствует о том, что у женщин емкость гликолитического механизма энергообеспечения мышечной деятельности эффективно определять, тестируя спортсменов на лыжероллерном тредбане по протоко-

лам 1 и 2. Тест по протоколу 3 не позволяет в полной мере оценить анаэробные возможности.

При проведении тестов на различных эргометрах получены следующие данные. У мужчин при проведении тестирования на лыжероллерном тредбане по протоколу 2 величина МПК составила 56,5 (от 53,0 до 60,50 мл/мин/кг) мл/мин/кг, на велоэргометре – 67,48 мл/мин/кг (от 62,31 до 68,36 мл/мин/кг), ручном эргометре – 40,09 мл/мин/кг (от 33,80 до 41,69 мл/мин/кг) (рисунок 4). Полученные значения МПК у мужчин при тестировании на различных эргометрах статистически значимо отличались ($p=0,002$). При сравнении полученных данных попарно выявлено, что МПК, зарегистрированное при тестировании на велоэргометре, статистически значимо выше, чем при тестировании на лыжероллерном тредбане ($p=0,017$) и ручном эргометре ($p=0,018$). МПК, определяемое при тестировании на тредбане, статистически значимо выше, чем на ручном эргометре ($p=0,018$). Полученные данные свидетельствуют, что более высокое значение МПК регистрируется у лыжников-гонщиков при тестировании на велоэргометре.

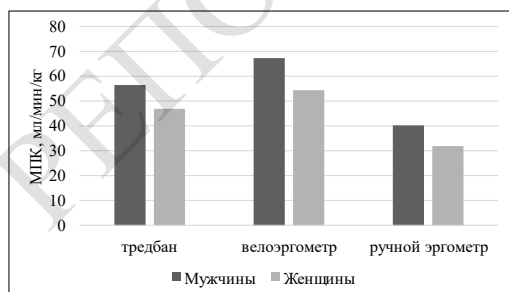


Рисунок 4. – МПК лыжников-гонщиков при тестировании на различных эргометрах

У женщин при проведении тестирования на лыжероллерном тредбане

бесшажным одновременным ходом величина МПК составила 47,0 мл/мин/кг (от 45,5 до 48,5 мл/мин/кг), на велоэргометре – 54,37 мл/мин/кг (от 48,58 до 49,0 мл/мин/кг), на ручном эргометре – 31,99 мл/мин/кг (от 31,08 до 33,59 мл/мин/кг) (рисунок 4). Полученные значения МПК у женщин при тестировании на различных эргометрах статистически значимо отличались ($p=0,002$). При сравнении полученных данных попарно выявлено, что МПК, зарегистрированное при тестировании на велоэргометре, статистически значимо выше, чем при тестировании на лыжероллерном тредбане ($p=0,036$) и ручном эргометре ($p=0,018$). МПК, определяемое при тестировании на тредбане, статистически значимо выше, чем на ручном эргометре ($p=0,018$). Полученные данные свидетельствуют, что более высокое значение МПК у лыжниц регистрируется при тестировании на велоэргометре.

У мужчин значение максимальной ЧСС составило 189 уд/мин (от 185 до 193 уд/мин) уд/мин, 186 уд/мин (от 179 до 191 уд/мин) и 182 уд/мин (от 162 до 184 уд/мин) при работе на лыжероллерном тредбане, велоэргометре, ручном эргометре соответственно (рисунок 5). Полученные значения максимальной ЧСС у мужчин при тестировании на различных эргометрах статистически значимо отличались ($p=0,013$). При сравнении полученных данных попарно выявлено, что максимальная ЧСС, зарегистрированная при тестировании на велоэргометре, статистически значимо не отличается от значений максимальной ЧСС, зарегистрированной при тестировании на лыжероллерном тредбане ($p=0,294$) и ручном эргометре ($p=0,345$). Максимальная ЧСС, регистрируемая при тестировании на тредбане, статистически

значимо выше, чем на ручном эргометре ($p=0,018$). Полученные данные свидетельствуют, что ЧСС достигает максимальных значений как при работе на лыжероллерном тредбане, так и на велоэргометре.

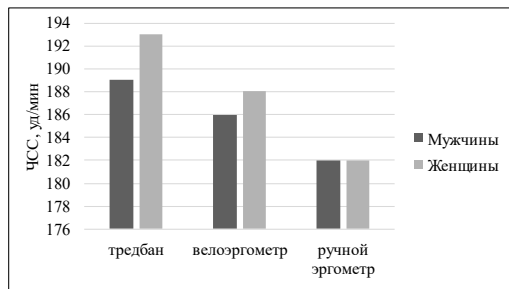


Рисунок 5. – ЧСС максимальная при тестировании лыжников-гонщиков на различных эргометрах

У женщин значение максимальной ЧСС составило 193 уд/мин (от 180 до 196 уд/мин), 191 уд/мин (от 180 до 195 уд/мин) и 182 уд/мин (от 169 до 183 уд/мин) при работе на лыжероллерном тредбане, велоэргометре, ручном эргометре соответственно (рисунок 5). Полученные значения максимальной ЧСС при тестировании на различных эргометрах статистически значимо отличались ($p=0,015$). При сравнении полученных данных попарно выявлено, что максимальная ЧСС, зарегистрированная при тестировании на ручном эргометре, статистически значимо ниже, чем при тестировании на лыжероллерном тредбане ($p=0,043$) и велоэргометре ($p=0,043$). Максимальная ЧСС, зафиксированная при тестировании на тредбане и велоэргометре, статистически значимо не различались. Полученные данные свидетельствуют, что ЧСС меньше повышается при выполнении работы на ручном эргометре.

Аэробные возможности лыжников-гонщиков наиболее полно рас-

крываются при тестировании, когда лыжники-гонщики выполняют работу, имитирующую соревновательную деятельность. Максимальная ЧСС достигала наибольших значений при исследовании на лыжероллерном тредбане и велоэргометре, а при выполнении работы на ручном эргометре, где работа выполняется в основном за счет мышц верхних конечностей, работа ЧСС не достигала своего предела.

Закключение. Таким образом, на основании полученных результатов можно сделать вывод, что максимальные значения показателей аэробной работоспособности лыжников-гонщиков, как мужчин, так и женщин, регистрируются при тестировании на лыжероллерном тредбане по протоколу 1, а также на велоэргометре. Тестирование на ручном эргометре, на лыжероллерном тредбане по протоколу 2 и 3 не раскрывают в полной мере аэробные возможности лыжников-гонщиков. Данные тестирования более значимы и целесообразны для динамического наблюдения за изменяющимися показателями в процессе тренировочного процесса и для сравнения спортсменов в группе.

Для определения аэробной производительности и емкости гликолитического механизма энергообеспечения мышечной деятельности на лыжероллерном тредбане наиболее эффективно тестирование по протоколу 1. Результаты тестирования на лыжероллерном тредбане по протоколу 2 информативны при оценке анаэробных возможностей организма спортсменов.

1. Losnegard, T. Energy system contribution during competitive cross-country skiing / T. Losnegard // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2019. – Vol. 119(8). – P. 1675–1690.
2. Корягина, Ю. В. Современные тенденции в физиологии лыжных гонок (по материалам зарубежной литературы) / Ю. В. Корягина // *Лечебная физкультура и спортивная медицина.* – 2015. – № 3(129). – С. 36–40.
3. Аспекты функционального нагрузочного тестирования лиц, активно занимающихся циклическими видами спорта, на лыжероллерном треке / Н. Б. Корчажина [и др.] // *Здоровье и образование в XXI веке : Электронный научно-образовательный вестник.* – 2013. – Т. 15. – С. 64–66.
4. Методология и методы определения функциональных возможностей спортсменов / Е. А. Ширковец [и др.] // *Вестник спортивной науки.* – 2010. – № 4.
5. Мустафина, М. Х. Кардиореспираторный нагрузочный тест / М. Х. Мустафина, А. В. Черняк // *Атмосфера. Пульмонология и аллергология.* – 2013. – № 3. – С. 56–62.
6. Анализ показателей эргоспирометрии на лыжероллерном треке с контролем лактата у представителей лыжных гонок / А. Л. Захаревич [и др.] // *Инновационные технологии в системе спортивной подготовки : сб. материалов Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием, Санкт-Петербург, 11–12 окт. 2017 г. : в 2 т. / СПб, ФГБУ СПбНИИФК, 2017. – Т. 1. – С. 23–26.*
7. Maximal aerobic capacity in the winter-Olympics endurance disciplines : Olympic-medal benchmarks for the time period 1990–2013 / E. Tonnessen [et al.] // *Int. J. Sports Physiol. Perform.* – 2015. – Vol. 10(7). – P. 835–839. – Mode of access : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25611016/>. – Date of access : 05.05.2020.
8. Contribution of upper-body strength, body composition, and maximal oxygen uptake to predict double poling power and overall performance in female cross-country skiers / S. Osteras [et al.] // *J. Strength and Conditioning Research.* – 2016. – Vol. 30(9). – P. 2557–2564. – Mode of access : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26817743>. – Date of access : 05.05.2020.
9. Klusiewicz, A. Prediction of maximal oxygen uptake from submaximal and maximal exercise on a ski ergometer / A. Klusiewicz, J. Faff, J. Starczewska-Czapowska // *Biol. Sport.* – 2011. – Vol. 28(1). – P. 31–35.
10. Рылова, Н. В. Уровень максимального потребления кислорода как показатель работоспособности спортсменов, специализирующихся в различных видах спорта / Н. В. Рылова, А. А. Биктимирова, А. С. Назаренко // *Журнал Практическая медицина.* – 2014. – № 9. – С. 85.
11. Тестирование специальной работоспособности биатлонистов и лыжников-гонщиков на лыжероллерном треке с измерением показателей газообмена : метод. рекомендации / А. Л. Захаревич [и др.]. – Минск : БГУФК, 2018. – 35 с.
12. Специальная работоспособность лыжников-гонщиков : современные тенденции (по материалам зарубежной литературы) / В. И. Михалев [и др.] // *Ученые записки университета им. Лесгафта.* – 2015. – № 4(122). – С. 139–144.
13. Кузнецова, И. А. Специальная работоспособность лыжников-гонщиков 16–17 лет при одновременном бесшажном ходе / И. А. Кузнецова, Е. В. Шапов // *Наука и спорт : современные тенденции.* – 2017. – № 3(Вып. 16). – С. 27–32.
14. Оценка функциональной подготовленности юных лыжников-гонщиков на основе показателей спирометрических тестов / А. С. Кузикович [и др.] // *Прикладная спортивная наука.* – 2019. – № 2(10). – С. 86–91.
15. Сравнение процедур тестирования пикового потребления кислорода, аэробного и анаэробного порогов у биатлонистов высокого класса / Е. Б. Мякинченко [и др.] // *Вестник спортивной науки.* – 2017. – № 2. – С. 41–46.
16. Петров, Р. Е. Определение и оценка аэробного порога и потенциальных возможностей сердечной системы лыжников-гонщиков (юношей) на основе использования ступенчато-возрастающей велоэргометрической нагрузки / Р. Е. Петров, И. Ш. Мутаева, А. А. Ионов // *Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта.* – 2018. – № 3(Вып. 13). – С. 187–199.