

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ СКОРОСТИ СОКРАЩЕНИЯ И РАССЛАБЛЕНИЯ МЫШЕЧНОГО ВОЛОКНА I ТИПА ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ

А.С. Бахарева¹, А.П. Исаев¹, Д.О. Малеев², А.С. Аминов¹

¹Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия,

²Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

Цель работы. Цель настоящего исследования заключалась в выявлении физиологических маркеров, определяющих скорость сокращения и расслабления мышечного волокна I типа лыжников-гонщиков на этапе подготовки спортивного совершенствования. **Материалы и методы.** Контингент исследования составили лыжники-гонщики мужского состава в возрасте 21–23 года, спортивной квалификации КМС (14 человек) и МС (6 человек). Для достижения поставленной цели в работе использовались инструментальные методы и методы математической статистики. **Результаты.** Установлено, что замедление времени конца свертывания крови от подготовительного периода к соревновательному на 5,04 % ($p = 0,02$) на фоне повышения гематокрита на 19,12 % ($p = 0,035$) происходит рост скорости сокращения мышечного волокна I типа, а увеличение уровня фермента ацетилхолинэстеразы (АХЭ) на 4,07 % ($p = 0,015$) – одновременно указывает на рост скорости его расслабления. **Заключение.** По результатам исследования выявлена перестройка в работе скелетных мышц лыжников-гонщиков с высоким уровнем спортивной результативности. Увеличение активности АТФ-азы актомиозина мышечных волокон I типа у лыжников-гонщиков к периоду стартов в сочетании с ростом уровня фермента ацетилхолинэстеразы (АХЭ) определяет интенсификацию спортивной результативности.

Ключевые слова: аденозинтрифосфатаза (АТФ-аза), тромбоциты, гематокрит, гиперкоагуляция, ацетилхолинэстераза (АХЭ), типы мышечных волокон.

Введение. Современный уровень соревнований по лыжным гонкам стал предъявлять колоссальные требования к состоянию готовности организма спортсменов, к степени развития скоростно-силового компонента специальной выносливости, взрывной силе (особенно в спринте), техническим характеристикам [6, 10]. Рост спортивных результатов в лыжных гонках, прежде всего, обусловлен характером метаболизма, который находится под генетическим контролем и взаимосвязан с развитием и спецификой нервно-мышечного аппарата, с особенностями вегетативного баланса, с индивидуально-типологическими характеристиками высшей нервной деятельности [12]. В работе Д.В. Попова [16] констатировано, что лыжник-гонщик при прочих равных условиях (одинаковых морфо-антропометрических параметрах, одинаковой технике выполнения упражнения и одинаковой мотивации) будет развивать и поддерживать тем большую мощность работы, чем больше молекул АТФ будет не только ресентизировано, но и гидролизировано за данный промежуток времени. Поэтому увеличение мощности систем энергообразования организма будет соче-

таться при адаптации с ростом активности АТФ-азы актомиозина мышечных волокон [26].

Организация и методы исследования. Экспериментальную группу (1-я группа, $n = 10$) составили лыжники-гонщики, годовой цикл которых включал переменную подготовку в условиях среднегорья и равнины (микроцикл до 21–25 дней); вторую группу – контрольную (2-я группа, $n = 10$) – лыжники-гонщики, подготовка которых проходила в условиях нормального атмосферного давления 760 мм рт. ст. Исследование проводилось в течение одного макроцикла. Фоновое обследование проводилось в подготовительном периоде, повторное – в соревновательном. Формирование групп проходило с учетом рейтинга Федерации лыжных гонок России. Изучение показателей системы крови проводилось при использовании не инвазивного анализатора крови (АМП, Украина). Полученные материалы исследования с помощью пакета программы Statistica SPSS 15 [15] на базовой основе ключевых методов были подвергнуты статистической обработке общепринятыми методами вариационной статистики с определением средней арифме-

Физиология

тической вариационного ряда (M), ошибки среднего арифметического (m). Определение достоверности различий (p) проводилось при помощи критерия Стьюдента (t).

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты, представленные в таблице, позволяют увидеть адаптацию протекания ферментативных процессов и свертывающей системы крови у лыжников-гонщиков с различным уровнем спортивной результативности и технологией подготовки.

Установлено, что снижение гликолитических энзимов, активности креатинкиназы мышц (КФК) на 0,33 % ($p = 0,021$) у спортсменов 1-й группы к периоду стартов обуславливает рост спортивной результативности лыжников-гонщиков. Это дает основание полагать о большем преобладании мышечных волокон I типа у лыжников-гонщиков 1-й группы, который характеризуется низкой гликолитической возможностью по сравнению с волокнами типа II [19]. Данный факт согласуется с исследованиями В.Н. Селуянова [18], по мнению которого организму лыжника-гонщика наиболее выгодно более полное использование мышечного волокна I типа для генерации механической энергии. Однако М.А. Долговым [7] показано, что отличительной особенностью мышечных волокон типа I от II является скорость сокращения, которая в 1,5–2 раза преобладает в сторону последних. Известно,

что основной причиной меньшей скорости сокращения мышечных волокон типа I является низкая активность миозин АТФ-азы [16].

Исходя из таблицы видно, что при меньшем времени свертывания крови в подготовительном периоде и достоверном его увеличении к соревновательному, увеличению тромбоцитов и уровня гематокрита лыжники-гонщики показывают более высокие спортивные результаты. Ранее показано, что первичной реакцией системы свертывания на природную гипоксию является гиперкоагуляция с активным вовлечением в этот процесс адгезивно-агрегативных клеточных реакций. При этом из тромбоцитов выделяются серотонин, катехоламины и ряд других веществ [9]. Исследования, проведенные Е.В. Альфонсовой [1], показали, что при внутривенной инъекции молочной кислоты наблюдается повышение уровня активности VIII фактора тромбоцитов, который представляет собой сократительный белок – тромбостенин, напоминающий актомиозин мышечных волокон и обладает АТФ-азной активностью, которую связывают с изменением структуры фермента [14]. Согласно донорно-акцепторной теории АТФ-азной реакции актомиозиновой системы, Э.А. Бурштейн [3] установил, что распад фермент субстратного комплекса в АТФ-азной реакции ускоряет серотонин как донор электронов. В обзоре статьи под редакцией Н.А. Бло-

Динамика ферментативной активности и свертывающей системы крови лыжников-гонщиков в периодах подготовки (M ± m)

The dynamics of enzyme activity and blood coagulating system in racing skiers during training periods (M ± m)

| Группа Group | Креатинкиназа мышц (μмоль/мин/кг) Muscle creatine kinase (μmmol/min/kg) | Тромбоциты (×10E ³) Thrombocytes (×10E ³) | Гематокрит (%) Hematocrit (%) | Конец свертывания крови (мин, с) End of blood coagulation (minutes, sec) | Ацетилхолин- эстераза эритроцитов (μмоль/л) Erythrocytes acetylcholinesterase (μmmol/l) |
|---|--|--|----------------------------------|--|--|
| Подготовительный период Training period | | | | | |
| 1 | 476,09 ± 1,11 | 212,28 ± 26,57 | 40,22 ± 3,98 | 2,07 ± 0,05 | 250,94 ± 7,30 |
| 2 | 475,82 ± 1,32 | 224,21 ± 27,21 | 42,46 ± 3,65 | 2,12 ± 0,19 | 254,49 ± 7,39 |
| p | > 0,05 | > 0,05 | > 0,05 | > 0,05 | > 0,05 |
| Соревновательный период Competition period | | | | | |
| 1 | 474,51 ± 0,41 | 223,14 ± 13,06 | 49,73 ± 3,94 | 2,18 ± 0,03 | 261,60 ± 4,18 |
| 2 | 475,28 ± 0,66 | 219,91 ± 28,99 | 43,13 ± 4,15 | 2,13 ± 0,03 | 256,47 ± 3,94 |
| p | 0,012 | > 0,05 | > 0,05 | > 0,05 | > 0,05 |
| Различия (p) между периодами Differences (p) between periods | | | | | |
| 1 | 0,021 | > 0,05 | 0,035 | 0,02 | 0,015 |
| 2 | > 0,05 | > 0,05 | > 0,05 | > 0,05 | > 0,05 |

хиной [2] продемонстрировано, что тромбоциты крови человека по своим морфофизиологическим свойствам являются идентичными серотонинергическим нейронам головного мозга, поэтому тромбоциты могут служить удобной моделью для изучения функционального состояния серотонинергических нейронов, которые играют важную роль в регуляции двигательной активности и вегетативных функций. С другой стороны, замедление свертывания крови к соревновательному периоду на фоне повышения гематокрита связывают с увеличением ее объема [9, 11].

Одновременно исследовано, что при увеличении уровня ацетилхолинэстеразы (АХЭ) к периоду стартов лыжники-гонщики показывают лучшие спортивные результаты. Как правило, на скорость движений и быстроту двигательных реакций влияет скорость перехода мышц в состояние расслабления после быстрого сокращения [20]. В оригинальной статье С.Е. Проскуриной [17] показано, что расслабление мышечного волокна запускает реакция, катализируемая ацетилхолинэстеразой (АХЭ), которая необходима для дезактивации ацетилхолина в синаптической щели и перехода клетки-мишени в состояние покоя. Ранее в публикации под редакцией Л.Д. Фаткуллиной [21] указано, что ацетилхолинэстераза (АХЭ) – фермент, регулирующий уровень ацетилхолина (АХ) и рецепторы этого медиатора. Известно, что уровень синтеза АХЭ и, соответственно, ее количество контролируется паттерном активности синапса. Увеличение частоты стимуляции усиливает синтез АХЭ, и наоборот – уменьшение синаптической активности снижает синтез АХЭ.

Заключение. Развитие лактат-ацидоза при подготовке в условиях гипоксии среднегорья обуславливает повышение концентрации ионов водорода (H^+), который является важнейшим показателем гомеостаза организма [4, 27]. Горный стресс и акклиматизация оказывают формирующее влияние на систему реактивных адаптивно-компенсаторных интеграций, в которых ферменты и гормоны играют ключевую роль в структуре звеньев соединительной ткани [23]. Для высокой производительности в лыжных гонках обязательным условием остается способность производить энергию в аэробном режиме [24, 28, 29]. Однако в последние годы специалисты обратили внимание на то, что именно увели-

чение способности вовлечения в тренировочный процесс энергообеспечения анаэробных механизмов будет определять рост результативности в лыжных гонках [5]. В качестве перспективного способа повышения анаэробной производительности спортсменов применяются такие методы, как адаптация к гипобарической и нормобарической периодической и интервальной гипоксии [8, 13, 22, 25, 26]. Таким образом, спортивная тренировка лыжников-гонщиков в условиях ацидоза, вызванного усиленным анаэробным гликолизом при подготовке в среднегорье, обеспечивает повышение чувствительности сенсорных аппаратов, уменьшение скорости двигательной реакции – латентного времени сокращения и расслабления мышц, что, в свою очередь, обуславливает рост спортивного результата.

Статья выполнена при поддержке Правительства РФ (Постановление № 211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.А03.21.0011.

Литература

1. Альфонсова, Е.В. Изменение некоторых показателей системы гомеостаза при лактат-ацидозе / Е.В. Альфонсова // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 5–2. – С. 240–244.
2. Блохина, Н.А. Содержание серотонина в тромбоцитах здоровых новорожденных детей / Н.А. Блохина, Ю.П. Милюткина, А.В. Корневский // *Журнал акушерства и женских болезней*. – 2010. – № 4. – Т. LIX. – С. 35–38.
3. Бурштейн, А.Э. Биофизика мышечного сокращения / А.Э. Бурштейн. – М., 1966. – 120 с.
4. Герасимов, И.Г. Подходы к оценке параметров спектра активности ионов водорода в биологических жидкостях I. Электрохимический метод / И.Г. Герасимов // *Вестник новых мед. технологий*. – 2006. – Т. 13. – № 1. – С. 136–138.
5. Грушин, А.А. Функциональные показатели работоспособности и спортивный результат у элитных лыжниц-гонщиц / А.А. Грушин, А.Г. Баталов, В.Д. Сонькин // *Вестник спортивной науки*. – 2013. – № 3. – С. 3–9.
6. Двоскин, А.С. Технично-тактические действия квалифицированных лыжников-гонщиков спринтеров // *Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта*. – 2010. – № 6 (64). – С. 18–22.
7. Долгов, М.А. Гидродинамический ме-

ханизм сокращения и расслабления мышечной ткани и его энергетическое обеспечение / М.А. Долгов, А.В. Косарев // *Вестник Оренбург. гос. ун-та.* – 2005. – № 10. – Т. 2. – С. 14–17.

8. Зеленкова, И.Е. Сравнительная оценка методов нормо- и гипобарической гипоксии в подготовке спортсменов / И.Е. Зеленкова, С.В. Зоткин, А.А. Грушин // *Современная система спортивной подготовки в биатлоне: материалы V Всерос. науч.-практ. конф. / под общ. ред. В.А. Аикина, Н.С. Загурского.* – 2016. – С. 79–95.

9. Карась, С.И. Динамика содержания серотонина в тромбоцитах человека / С.И. Карась, Е.В. Макарова, К.Г. Языков // *Клинич. лаб. диагностика.* – 1992. – № 5-6. – С. 50–52.

10. Колыхматов, В.И. Динамика интенсивности соревновательной деятельности спортсменов высокой квалификации в лыжном спринте / В.И. Колыхматов, Ю.М. Каминский, А.И. Головачев // *Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта.* – 2014. – № 8 (114). – С. 83–88.

11. Кузник, Б.И. Группы крови и система гомеостаза / Б.И. Кузник // *Гематология и трансфузиология.* – 2010. – Т. 55. – № 1. – С. 32–36.

12. Лысенко, Е.Н. Прогнозирование физической работоспособности и реакции кардиореспираторной системы при нагрузках аэробного характера у спортсменов высокого класса / Е.Н. Лысенко // *Вестник спортивной науки.* – 2013. – № 4. – С. 33–38.

13. Малеев, Д.О. Физическая подготовка лыжников-гонщиков высокой квалификации с использованием средств искусственной гипоксической тренировки / Д.О. Малеев, В.Н. Потапов // *Теория и практика физической культуры.* – 2016. – № 3. – С. 74–77.

14. Мохан, Р. Биохимия мышечной деятельности и физической тренировки: пер. с англ. / Р. Мохан, М. Глессон, П.Л. Гринхафф. – Киев: Олимп. лит., 2001. – 294 с.

15. Наследов, А.Д. SPSS 15: Профессиональный статистический анализ данных / А.Д. Наследов. – СПб.: Питер, 2008. – 416 с.

16. Попов, Д.В. Аэробная работоспособность: роль доставки кислорода, его утилизации и активации гликолиза / Д.В. Попов, О.Л. Виноградова // *Успехи физиологических наук.* – 2012. – Т. 43. – № 1. – С. 30–47.

17. Проскурина, С.Е. Исследование специфичности ингибирования, опосредованного глутаматом и глицином, для различных мо-

лекулярных форм ацетилхолинэстеразы в нервно-мышечных синапсах млекопитающих / С.Е. Проскурина, К.А. Петрова, А.Д. Харламова и др. // *Рецепторы и внутриклеточная организация: сб. ст. / под ред. В.П. Зинченко, А.В. Бережнова.* – 2015. – С. 400–404.

18. Селуянов, В.Н. Подготовка бегуна на средние дистанции: учеб. пособие / В.Н. Селуянов. – М.: ТВТ дивизион, 2007. – 112 с.

19. Уилмор, Дж.Х. Физиология спорта и двигательной активности / Дж.Х. Уилмор, Д.Л. Костилл. – Киев: Олимп. лит., 2001. – 506 с.

20. Фарфель, В.В. Управление движением в спорте / В.В. Фарфель. – М.: Физкультура и спорт, 1975. – 175 с.

21. Фаткуллина, Л.Д. Показатели структуры мембраны и активность ацетилхолинэстеразы эритроцитов у пациентов с синдромом мягкого когнитивного снижения / Л.Д. Фаткуллина, Е.М. Молочкина, О.М. Зорина и др. // *Неврологии и психиатрии.* – 2013. – № 6. – С. 62–67.

22. Chawla S., Saxena S. Physiology of high-altitude acclimatization // *Resonance.* – 2014. – Vol. 19. – P. 538–548.

23. Isaev, A.P. Adaptation of athletes to middle-altitude conditions via the intensive development of local-regional muscular endurance and strength motor capability, stretching, and relaxation / A.P. Isaev, V.V. Erlikh, Yu.N. Romanov, A.S. Bakhareva // *Journal of Physical Education and Sport.* – 2016. – Vol. 16 (4), Art 194. – P. 1219–1229. DOI: 10.7752/jpes.2016.04194

24. Losnegard, T. Physiological differences between sprint and distance-specialized cross-country skiers / T. Losnegard, J. Hallén // *Int. Journal Sports Physiol. Perform.* – 2014. – No. 9 (1). – P. 25–31.

25. Millet, G. Counterpoint: Hypobaric hypoxia induces/does not induce different responses from normobaric hypoxia / G. Millet // *Eur J Appl Physiol.* – 2012. – Vol. 112. – P. 1788–1794.

26. Mounier, R. Hypobaric hypoxia does not induce different responses from normobaric hypoxia / R. Mounier, J.V. Brugniaux // *Journal of Applied Physiology.* – 2012. – Vol. 112 (10). – P. 1784–1786.

27. Rubtsov, A.M. Molecular mechanisms of regulation of the activity of sarcoplasmic reticulum Ca-release channels (ryanodine receptors), muscle fatigue, and severin's phenomenon / A.M. Rubtsov // *Biochemistry (Moscow).* – 2001. – Т. 66. – № 10. – С. 1132–1143.

28. Saltin, B. Success in cc skiing: no longer just a question of a high aerobic capacity / B. Saltin // 6 International Congress on Science and Skiing 2013, St. Christoph a. Arlberg, Austria. – St. Christoph a. Arlberg. – 2013. – P. 14.

29. Sandbakk, O. Physiological determinants of sprint and distance performance level in elite cross-country skiers / Ø. Sandbakk, C.Å. Grasaas, E. Grasaas [et al.] // 6 International Congress on Science and Skiing 2013, St. Christoph a. Arlberg – Austria. – P. 93.

Бахарева Анастасия Сергеевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры спортивно-го совершенствования, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: bakharevaas@susu.ru, ORCID: 0000-0003-0518-7751.

Исаев Александр Петрович, доктор биологических наук, профессор, директор научно-исследовательского центра «Спортивная наука», Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: isaevap@susu.ru, ORCID: 0000-0002-4488-0228.

Малеев Дмитрий Олегович, кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой лыжного спорта, Тюменский государственный университет. 625003, г. Тюмень, ул. Володарского, 6. E-mail: massport@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4254-1705.

Аминов Альбер Сибатуллоевич, кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой спортивно-го совершенствования, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: aminovas@susu.ru, ORCID: 0000-0003-0440-6553.

Поступила в редакцию 15 октября 2017 г.

DOI: 10.14529/hsm17s03

PHYSIOLOGICAL MARKERS OF THE SPEED OF MUSCLE CONTRACTION AND RELAXATION OF TYPE I MUSCLE FIBERS IN RACING SKIERS

A.S. Bakhareva¹, bakharevaas@susu.ru, ORCID: 0000-0003-0518-7751,

A.P. Isaev¹, isaevap@susu.ru, ORCID: 0000-0002-4488-0228,

D.O. Maleev², massport@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4254-1705,

A.S. Aminov¹, aminovas@susu.ru, ORCID: 0000-0003-0440-6553

¹South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation,

²Tyumen State University, Tyumen, Russian Federation

Aim. The aim of this study is to define physiological markers, determining the speed of muscle contraction and relaxation of type I muscle fibers in the racing skiers of high qualification. **Material and methods.** We studied male racing skiers aged 21–23 with the qualification of the Candidate for Master of Sport (14 persons) and the Master of Sport (6 persons). In order to reach the aim of the study we used instrumental methods and mathematical statistics techniques. **Results.** We registered that the slowdown of the end of blood coagulation from the training stage to a competition one by 5.04 % ($p = 0.02$) against the increase in hematocrit by 19.12 % ($p = 0.035$) results in the increase in the speed of type I muscle contraction. At the same time, the increase in the acetylcholinesterase level (ACH) by 4.07 % ($p = 0.015$) indicates the increase in the speed of muscle relaxation. **Conclusion.** As a result of the study, we found out changes in the muscle performance of racing skiers with a high level of sport efficiency. The increase in the activity of actomyosin ATPase of type I muscle fiber in racing skiers before competitions together with the increase in the acetylcholinesterase enzyme (ACH) determine the intensification of sport performance.

Keywords: adenosine triphosphatase (ATPase), thrombocytes, hematocrit, hypercoagulation, acetylcholinesterase (ACH), muscle fiber types.

The work was supported by Act 211 Government of the Russian Federation, contact №02.A03.21.0011.

References

1. Al'fonsova E.V. [Change in Some Indicators of the Homeostasis System in Lactate Acidosis]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Research], 2013, no. 5 (2), pp. 240–244. (in Russ.)
2. Blokhina N.A., Milyutina Yu.P., Korenevskiy A.V. [Serotonin Content in Platelets of Healthy Newborns]. *Zhurnal akusherstva i zhenskikh bolezney* [Journal of Obstetrics and Women's Diseases], 2010, no. 4, vol. LIX, pp. 35–38. (in Russ.)
3. Burshteyn A.E. *Biofizika myshechnogo sokrashcheniya* [Biophysics of Muscle Contraction]. Moscow, 1966. 120 p.
4. Gerasimov I.G. [Approaches to the Estimation of the Parameters of the Spectrum of the Activity of Hydrogen Ions in Biological Fluids I. Electrochemical Method]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy* [Herald of New Medical Technologies], 2006, vol. 13, no. 1, pp. 136–138. (in Russ.)
5. Grushin A.A., Batalov A.G., Son'kin V.D. [Functional Performance Indicators and Athletic Performance in Elite Skiers-Racer]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Herald of Sports Science], 2013, no. 3, pp. 3–9. (in Russ.)
6. Dvoskin A.S. [Technical and Tactical Actions of Qualified Skiers-Riders of Sprinters]. *Nauchno-teoreticheskiy zhurnal "Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta"* [Scientific-Theoretical Journal Uchenye Zapiski Universiteta name P.F. Lesgaft], 2010, no. 6 (64), pp. 18–22. (in Russ.)
7. Dolgov M.A., Kosarev A.V. [Hydrodynamic Mechanism of Contraction and Relaxation of Muscle Tissue and Its Energy Supply]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Orenburg State University], 2005, no. 10, vol. 2, pp. 14–17. (in Russ.)
8. Zelenkova I.E., Zotkin S.V., Grushin A.A., Aikina V.A., Zagurskogo N.S. [Comparative Evaluation of the Methods of Normo- and Hypobaric Hypoxia in Training Athletes]. *Sovremennaya sistema sportivnoy podgotovki v biatlone. Materialy V Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Modern System of Sports Training in Biathlon. Materials of the V All-Russian Scientific and Practical Conference], 2016, pp. 79–95. (in Russ.)
9. Isaev A.P., Korol'kov V.V., Erlikh V.V., Arakelyan A.L., Turanina S.V. [The Role of Connective Tissue in Intensive Training Influences in the Formation of Homeostasis and Physical Performance in Athletes of the Olympic Reserve]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2011, no. 4, pp. 20–22. (in Russ.)
10. Karas' S.I., Makarova E.V., Yazykov K.G. [Dynamics of Serotonin Content in Human Platelets]. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika* [Clinical Laboratory Diagnostics], 1992, no. 5–6, pp. 50–52. (in Russ.)
11. Kolykhmatov V.I., Kaminskiy Yu.M., Golovachev A.I. [Dynamics of Intensity of Competitive Activity of High-Qualified Athletes in a Ski Sprint]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of the University Named After P.F. Lesgaft], 2014, no. 8 (114), pp. 83–88. (in Russ.)
12. Kuznik B.I. [Blood Groups and the Homeostasis System]. *Gematologiya i transfuziologiya* [Hematology and Transfusiology], 2010, no. 1, vol. 55, pp. 32–36. (in Russ.)
13. Lysenko E.N. [Prediction of Physical Working Capacity and Reaction of Cardiorespiratory System Under Aerobic Loads in High-Class Athletes]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Herald of Sports Science], 2013, no. 4, pp. 33–38. (in Russ.)
14. Maleev D.O., Potapov V.N. [Physical Preparation of Skiers-Racers of High Qualification Using Artificial Hypoxic Training Means]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2016, no. 3, pp. 74–77. (in Russ.)
15. Mokhan R., Glesson M., Grinkhaff P.L. *Biokhimiya myshechnoy deyatel'nosti i fizicheskoy trenirovki* [Biochemistry of Muscular Activity and Physical Training], Transl. from Engl. Kiev, Olympic Literature Publ., 2001. 294 p.
16. Nasledov A.D. *SPSS 15: Professional'nyy statisticheskiy analiz dannykhv* [SPSS 15: Professional Statistical Analysis of Data]. St. Peterburg, Peter Publ., 2008. 416 p.
17. Popov D.V., Vinogradova O.L. [Aerobic Performance. The Role of Oxygen Delivery, its Utilization and Activation of Glycolysis]. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk* [Progress in the Physiological Sciences], 2012, vol. 43, no. 1, pp. 30–47. (in Russ.)
18. Proskurina S.E., Petrova K.A., Kharlamova A.D., Kreshi E., Nikol'skiy E.E., Zinchenko V.P., Berezhnova A.V. [Investigation of the Specificity of Inhibition Mediated by Glutamate and Glycine for Various Molecular forms of Acetylcholinesterase in Neuromuscular Synapses in Mammals]. *Sbornik*

statey retseptory i vnutrikletochnaya organizatsiya [Collection of Articles, Receptors and Intracellular Organization], 2015, pp. 400–404. (in Russ.)

19. Seluyanov V.N. *Podgotovka beguna na srednie distantsii: uchebnoe posobie* [Preparation of a Runner for Medium Distances. Manual]. Moscow, TVT division Publ., 2007. 112 p.

20. Uilmor Dzh.Kh., Kostill D.L. *Fiziologiya sporta i dvigatel'noy aktivnosti* [Physiology of Sport and Motor Activity]. Kiev, Olympic Literature Publ., 2001. 506 p.

21. Farfel' V.V. *Upravlenie dvizheniem v sporte* [Movement Control in Sports]. Moscow, Physical Training and Sports Publ., 1975. 175 p.

22. Fatkullina L.D., Molochkina E.M., Zorina O.M., Podchufarova D.E., Gavrilova S.I., Fedorova Ya.B., Klyushnik T.P., Burlakova E.B. [Parameters of Membrane Structure and Activity of Erythrocyte Acetylcholinesterase in Patients with Soft Cognitive Decline Syndrome]. *Nevrologii i psikiatrii* [Neurology and Psychiatry], 2013, no. 6, pp. 62–67. (in Russ.)

23. Chawla S., Saxena S. Physiology of High-Altitude Acclimatization. *Resonance*, 2014, vol. 19, pp. 538–548. DOI: 10.1007/s12045-014-0057-3

24. Losnegard T., Hallén J. Physiological Differences Between Sprint and Distance-Specialized Cross-Country Skiers. *Int. Journal Sports Physiol. Perform.*, 2014, no. 9 (1), pp. 25–31.

25. Millet G. Counterpoint: Hypobaric Hypoxia Induces/Does not Induce Different Responses from Normobaric Hypoxia. *Eur J Appl Physiol.*, 2012, vol. 112, pp. 1788–1794. DOI: 10.1152/jappphysiol.00356.2012

26. Mounier R., Brugniaux J.V. Hypobaric Hypoxia Does not Induce Different Responses from Normobaric Hypoxia. *Journal of Applied Physiology*, 2012, vol. 112 (10), pp. 1784–1786. DOI: 10.1152/jappphysiol.00067.2012a

27. Rubtsov A.M. Molecular Mechanisms of Regulation of the Activity of Sarcoplasmic Reticulum Ca-Release Channels (Ryanodine Receptors). *Muscle Fatigue, and Severin's Phenomenon. Biochemistry*. Moscow, 2001, no. 10, vol. 66, pp. 1132–1143. DOI: 10.1023/A:1012485030527

28. Saltin B. *Success in CC Skiing: No Longer Just a Question of a High Aerobic Capacity*. 6 International Congress on Science and Skiing, 2013. St. Christoph a. Arlberg, Austria, 2013. 14 p.

29. Sandbakk O., Grasaas C.Å., Grasaas E. *Physiological Determinants of Sprint and Distance Performance Level in Elite Cross-Country Skiers*. 6 International Congress on Science and Skiing, 2013. St. Christoph a. Arlberg Austria, 93 p.

Received 15 October 2017

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Физиологические маркеры скорости сокращения и расслабления мышечного волокна I типа лыжников-гонщиков / А.С. Бахарева, А.П. Исаев, Д.О. Малеев, А.С. Аминов // Человек. Спорт. Медицина. – 2017. – Т. 17, № 5. – С. 25–31. DOI: 10.14529/hsm17s03

FOR CITATION

Bakhareva A.S., Isaev A.P., Maleev D.O., Aminov A.S. Physiological Markers of the Speed of Muscle Contraction and Relaxation of Type I Muscle Fibers in Racing Skiers. *Human. Sport. Medicine*, 2017, vol. 17, no. 5, pp. 25–31. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm17s03
