

16+

НАУКА И СПОРТ:

современные тенденции

Научно-практический журнал

№2 (Том 10 / Vol. 10), 2022 ■

SCIENCE AND SPORT:

current trends

■ ЧИТАЙТЕ В НОМЕРЕ:

■ СПОРТИВНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ И МОРФОЛОГИЯ

Кардиореспираторные предикторы, обуславливающие аэробную производительность

■ КИНЕЗИОЛОГИЯ

Применение технологий машинного зрения для распознавания одиночных прямых ударов в боксе

■ ФИЗИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ

Педагогический опыт организации физкультурно-спортивной деятельности студентов в дистанционном режиме в период пандемии



Содержание

Спортивная физиология и морфология

В.А. Демидов, А.С. Назаренко, В.В. Демидова, А.Ш. Абдрахманова, Ф.А. Мавлиев. Кардиореспираторные предикторы, обуславливающие аэробную производительность 6

И.В. Кобелькова, М.М. Коростелева. Влияние основных пищевых веществ на состав кишечного микробиома и оптимизацию адаптационного потенциала спортсмена 15

В.С. Солонщикова, А.А. Набатов, А.С. Назаренко, Ф.А. Мавлиев. Факторы, опосредующие влияние силовых тренировок на экономичность бега у спортсменов 27

М.В. Шайхелисламова, Н.Б. Дикопольская, Ф.Г. Ситдилов, Г.А. Билалова, Е.В. Шепынева. Особенности адаптации сердечно-сосудистой системы слабовидящих детей к физической нагрузке статического и динамического характера 36

Кинезиология

И.Я. Хасаншин, Д.С. Уткин, Д.Н. Дербин. Применение технологий машинного зрения для распознавания одиночных прямых ударов в боксе 43

Спортивная медицина

А.С. Аль-Джабери. The most common sport injuries of football goalkeepers of iraqi league for youth 2020-2021 49

Спортивная тренировка

М.А. Гапичева. Актуальные вопросы подготовки прыгунов с шестом 56

А.А. Горелов, Н.В. Никифоров, А.И. Голиков, А.С. Гольдерова, А.Б. Гурьева. Об актуализации проблемы духовно-нравственного воспитания в системе подготовки спортивных единоборцев 62

В.И. Мирзоев, Д.И. Бабушкина, Л.Е. Бабушкина. Цифровые технологии в повышении эффективности подготовки будущих тренеров по фигурному катанию на коньках 69

В.Ю. Тукмачев, А.С. Кузнецов. Методика технической подготовки гандболисток на этапе спортивной специализации 79

А.Чатинян, А.В. Аветисян. Modern approaches of organizing the process of physical training of young judokas 84

Спортивный менеджмент

А.Д. Хайруллина, Р.Р. Рендикова. Анализ и перспективы развития российского рынка фитнес-индустрии 92

Физическое воспитание

Р.К. Бикмухаметов, В.Л. Калманович, И.Г. Битшева. Роль кафедры физического воспитания в формировании образовательного физкультурно-оздоровительного пространства университета 101

А.А. Зайцев, Д.К. Гармаева, Н.В. Саввина, А.Е. Тарасов. Проектирование физкультурно-рекреационной деятельности молодежи Республики Саха (Якутия) средствами туризма 109

А.В. Момент. Взаимосвязь объема физической активности и гибкости мышц задней поверхности бедра у студентов университета 116

Е.Б. Мясинченко, О.Ф. Плешивцева, Е.Л. Жарикова. Годичная динамика и величина изменения показателей физической подготовленности и состава тела у занимающихся в спортивно-оздоровительных (фитнес) клубах 125

О.Г. Румба, Т.Е. Веселкина, А.Н. Ким, Е.Н. Копейкина, Е.С. Борисов. Педагогический опыт организации физкультурно-спортивной деятельности студентов в дистанционном режиме в период пандемии 133

А.В. Сысоев, И.А. Татаринцева. Оценка профессиональной подготовленности студентов Воронежской государственной академии спорта по дисциплине «Теория и методика обучения базовым видам спорта: гимнастика» 146

Психология и педагогика спорта

Г.А. Гилев, Ч.Т. Иванков, Е.А. Клусов, М.А. Комлев. Повышение эффективности соревновательной деятельности спортсменов при использовании психолого-педагогических воздействий 157

Правила для авторов 166

ФАКТОРЫ, ОПОСРЕДУЮЩИЕ ВЛИЯНИЕ СИЛОВЫХ ТРЕНИРОВОК НА ЭКОНОМИЧНОСТЬ БЕГА У СПОРТСМЕНОВ

В.С. Солонщикова, А.А. Набатов, А.С. Назаренко, Ф.А. Мавлиев

Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия

Аннотация

Цель исследования: сформулировать современные представления о механизмах влияния силовых тренировок на экономичность бега у спортсменов.

Методы и организация исследования: обзор научных публикаций с использованием баз данных Google Scholar и PubMed по ключевым словам и выражениям 'endurance' or 'running economy' and 'weight training', 'resistance training', 'strength training' or 'concurrent training'. Также были проанализированы списки литературы найденных исследований.

Результаты исследования и их обсуждение. Применение программ силовых тренировок спортсменами, специализирующимися на средних и длинных дистанциях бега, ассоциировано с повышением экономичности бега и улучшением соревновательной результативности. Было выявлено, что силовые тренировки могут улучшить экономичность бега с помощью нескольких механизмов, основу которых составляют нервно-мышечные, биомеханические, биоэнергетические, метаболические и структурные адаптации. В данном обзоре мы подробно их обсуждаем.

Выводы. В большинстве исследований рассматриваются изменения нервно-мышечных характеристик как основной механизм, лежащий в основе улучшения экономичности бега после силовых тренировок. Однако экспериментальные методики тренировок, применяемые в научных работах, содержали различные режимы силовых нагрузок. Следовательно, необходимы дополнительные исследования, чтобы определить, какой режим силовых тренировок может быть наиболее эффективным с точки зрения улучшения экономичности бега.

Ключевые слова: экономичность бега, силовая тренировка, бег, выносливость, нервно-мышечные адаптации, биоэнергетика, биомеханика бега.

THE IMPACT OF STRENGTH TRAINING ON RUNNING ECONOMY

V.S. Solonshchikova, e-mail: vika_ss@bk.ru, ORCID: 0000-0001-7093-5889

A.A. Nabatov, e-mail: A.Nabatov@sportacadem.ru, ORCID: 0000-0001-7932-1445

A.S. Nazarenko, e-mail: hard@inbox.ru; ORCID: 0000-0002-3067-8395

F.A. Mavliev, e-mail: fanis16rus@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8981-7583

Volga Region State University of Physical Culture, Sport and Tourism, Kazan, Russia

Abstract

The research purpose is to formulate the current understanding of the mechanisms mediating the strength training impact on running economy.

Methods and organization of the research: review of scientific publications using Google Scholar and PubMed databases on keywords and expressions 'endurance' or 'running economy' and 'weight training', 'resistance training', 'strength training' or 'concurrent training'. Reference lists of retrieved studies were also reviewed.

Results and their discussion. The use of strength training programs by athletes specializing in mid- and long-distance running has been associated with increased running economy and improved competitive performance. It has been found that strength training can improve running economy through several mechanisms based on neuromuscular, biomechanical, bioenergetic, metabolic, and structural adaptations. In this review, we discuss them in detail.

Conclusion: most studies consider changes in neuromuscular characteristics as the main mechanism underlying the improvement in running economy that is recorded after strength training. However, the experimental training methods employed in the research studies contained different strength training modes. Consequently, more research is needed to determine which strength training mode can be the most effective in terms of improving running economy.

Keywords: running economy, strength training, running, endurance, neuromuscular adaptations, bioenergetics, biomechanics of running.

ВВЕДЕНИЕ

В видах спорта, связанных с проявлением аэробной выносливости, от спортсмена требуется эффективное выполнение нагрузки умеренной интенсивности в течение длительного периода времени. В спортивной науке для результатов в циклических видах спорта на средние и длинные дистанции признается важность такой переменной, как максимальное потребление кислорода (VO_{2max}), которая изучалась с начала XX века [21]. Однако в последние годы были выявлены дополнительные физиологические параметры, которые могут обуславливать выносливость и тем самым влиять на результат. Так, в дополнение к VO_{2max} в качестве определяющих факторов, влияющих на результативность в видах спорта на выносливость, особенно в беге на средние и длинные дистанции, часто рассматривают анаэробный порог и экономичность спортивной локомоции [30]. В то время как различие в VO_{2max} и его связь с результативностью можно отмечать между лицами, не являющимися высокотренированными спортсменами, в группе элитных бегунов данный параметр может быть сходным у всех атлетов и не определять результат. Так, J.A. Daniels обнаружил, что бегуны с более низкими значениями VO_{2max} показывают лучшее время на средних и длинных дистанциях, чем спортсмены с более высокими значениями VO_{2max} [13]. D. Conley and G. Krahenbuhl в своем исследовании получили аналогичные результаты [7]. Это может быть объяснено разницей в показателях экономичности.

Экономичность бега определяется через оценку устойчивого потребления кислорода, необходимого при субмаксимальной скорости бега ниже анаэробного порога, и отражает затраты энергии, необходимые для работы с заданной интенсивностью [23, 30]. Улучшение экономичности позволяет спортсменам бежать с более высокой скоростью при том же потреблении кислорода и затратах энергии. В результате этого повышается дистанционная скорость, благодаря чему атлеты становятся способны достичь более высоких результатов на средних и длинных дистанциях [26]. Снижение кислородной стоимости бега также способствует уменьшению процента необходимого количества кислорода от VO_{2max} на субмаксимальных скоростях. Это способствует замедлению развития усталости и повышению способности поддерживать работоспособность на заданной интенсивности более длительное время [25]. Так как экономичность бега была определена как ключевой фактор, влияющий на результативность бега на длинные дистанции [7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 24, 34, 35], то у тренеров, спортсменов и спортивных ученых вызывают большой интерес поиск и применение на практике эффективных стратегий, способствующих повышению данного показателя. На сегодняшний день в научной литературе известен широкий спектр различных средств, которые были исследованы в отношении улучшения экономичности за счет увеличения одного или нескольких компонентов метаболической, кардиореспираторной, биомеханической или нервно-мышечной систем. В данном

обзоре мы рассматриваем влияние силовых тренировок на экономичность бега и обсуждаем механизмы, объясняющие их эффекты.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Влияние силовых тренировок на показатели выносливости. В исследовании К.М. Luckin-Baldwin et al. показано, что силовые тренировки повышают экономичность локомоций в дисциплинах триатлона [29]. Nicolas Berrymann et al. в своем мета-анализе приходят к выводу, что внедрение мезоцикла силовой направленности в беге, езде на велосипеде и плавании приводит к улучшению показателей на средних и длинных дистанциях [6]. Авторы связывают такие результаты со снижением энергетических затрат на двигательную активность, сопровождающимся повышением максимальной силы и мощности. Согласно другим исследованиям, хорошо подготовленные триатлонисты, выполняющие программу силовых тренировок в сочетании с их обычными тренировками на выносливость, улучшили свою максимальную аэробную скорость, экономичность бега и прыжковую силу, а также отсрочили наступление усталости во время длительного субмаксимального велозезда [19, 31]. Сочетание тяжелых силовых тренировок с беговыми тренировками на выносливость вызывает большее повышение экономичности бега по сравнению с параллельными тренировками силовой выносливости и бегом [27]. Положительное влияние силовых тренировок на экономичность и другие показатели выносливости в беге и велоспорте также подтверждено рядом мета-анализов [3, 4, 6, 15].

Механизмы повышения экономичности бега при использовании нагрузок силовой направленности. Силовые тренировки могут улучшить экономичность движений с помощью нескольких механизмов. В ряде работ показано, что изменение нервно-мышечных характе-

ристик влияет на экономичность бега. Так, N. Tam et al. в своем исследовании обнаружили, что бегуны, которые проявляют большую нервно-мышечную активность мышц задней поверхности бедра и голени до и во время контакта с поверхностью во время бега, имеют меньшую метаболическую потребность при беге [40]. Таким образом, их затраты кислорода на передвижение меньше, чем у бегунов, у которых электрическая активность медиальной и латеральной икроножных мышц, малоберцовой мышцы и бицепса бедра в указанные моменты меньше. Это подчеркивает важность нейромышечной преактивации в биомеханической подготовке к контакту с землей для оптимизации жесткости и стабильности суставов для эффективного бега. Авторы предполагают, что механизм снижения затрат кислорода в результате повышенной предварительной активации мышц может заключаться в том, что нервно-мышечный контроль сустава снижает потребность в корректирующей мышечной активации во время и после контакта ноги с поверхностью, когда идет нагрузка на суставы. Способность контролировать величину силы мышц, которую они должны развить, может оптимизировать стабилизацию сустава и ограничить потребность в дополнительной мышечной активности, тем самым позволяя производить движение с большей метаболической эффективностью. Подтверждением этого может служить исследование F. Li et al., в котором представлены доказательства того, что эксцентрическая сила многосуставных мышц нижних конечностей значительно коррелирует с экономичностью бега [28]. Когда стопа первоначально соприкасается с опорой во время бега, мышцы, такие как разгибатели колена и бедра, растягиваются, чтобы поглотить силу удара [32]. Поглощенная энергия может быть преобразована в упругую энергию или рассеяна в виде тепла

в зависимости от времени эксцентрико-концентрического сокращения мышцы [42]. Авторы обнаружили, что время контакта с поверхностью у более тренированных бегунов на длинные дистанции меньше и частота шагов больше, чем у менее тренированных [28]. Следовательно, эксцентрическая сила может помочь преобразовать кинетическую энергию в упругую и снизить метаболические затраты при беге. Кроме того, рекуперация упругой энергии считается важнейшим фактором, определяющим биомеханический механизм энергосбережения во время бега. Способность быстрее прикладывать большую силу после периода применения силовых тренировок позволяет мышцам бегуна эффективно совершать цикл растяжения-укорочения и использовать упругую энергию, вырабатываемую мышечно-сухожильным комплексом [5]. Таким образом, бегуны, способные развивать большую силу за меньшее время, могут сэкономить больше энергии во время бега, что было показано в ряде исследований [39, 40, 41]. Объяснение этого заключается и в том, что более короткое время контакта с опорой сокращает продолжительность фазы торможения, что может быть также связано с большей предварительной активацией мышц голени. Это, как предполагается, повышает чувствительность мышечного веретена, потенцирующего рефлексы растяжения для повышения мышечно-сухожильной жесткости, тем самым снижая энергетические траты при беге на той же скорости [33].

С точки зрения энергетики мышц, экономичность бега повышается с увеличением скорости, поскольку большая сила развивается за более короткий период времени. Более высокая скорость бега также требует более высокой скорости укорочения мышечных волокон. Когда мышца укорачивается для поддержания силы в соответствии с зависимостью сила-скорость, требуется активация дополнительных двигательных единиц. Высокопороговые

двигательные единицы содержат быстро сокращающиеся мышечные волокна, которые могут развивать более высокую скорость сокращения [17]. Увеличение абсолютной силы в результате увеличения площади поперечного сечения мышцы приведет к снижению относительной интенсивности во время бега с заданной субмаксимальной скоростью. Более низкая относительная интенсивность может не требовать активации более высокопороговых двигательных единиц, в которых энергетические затраты мышц выше. Это может быть одним из объяснений, почему экономичность бега улучшается после периода силовых тренировок [3, 6]. Однако любая дополнительная мышечная масса, которая не используется во время бега, приводит к ненужным энергетическим тратам, поскольку перенос этой массы требует энергии.

С другой стороны, хорошо известно, что увеличение мышечной силы может происходить из-за нервной адаптации без наблюдаемой мышечной гипертрофии [18]. Увеличение силы после тяжелых тренировок с отягощениями в результате увеличения задействования мышечных волокон и их синхронизации может улучшить механическую эффективность и паттерны рекрутирования двигательных единиц [1]. Также было показано, что большая мышечная сила после силовых тренировок с отягощениями замедляет мышечную усталость, что приводит к меньшему увеличению потребления кислорода на любой заданной скорости (повышение экономичности) во время длительного бега [20].

Было обнаружено, что повышение силы при применении нагрузок силовой направленности вызывает положительные изменения в механических аспектах стиля бега (например, повышение биомеханической эффективности), что позволяет бегуну выполнять меньше работы при заданной скорости бега, тем самым повышая его экономичность [22]. Был опреде-

лен ряд биомеханических переменных, связанных с затратами энергии при беге [2]. Это подтверждает гипотезу о том, что механические аспекты стиля бега влияют на его экономичность.

K.R. Barnes and A.E. Kilding в своем обзоре предполагают, что улучшение экономичности бега после тяжелых тренировок с отягощениями может быть связано с преобразованием типа мышечных волокон из менее эффективных быстро сокращающихся волокон (тип IIb) в более эффективные окислительные волокна (тип IIa и тип I), хотя существующие данные по спортсменам противоречивы [4]. Например, Staron et al. обнаружили снижение субмаксимального потребления кислорода и уменьшение количества волокон типа IIb с одновременным увеличением количества волокон типа IIa после применении программы силовых тренировок на нижнюю часть тела как у нетренированных мужчин, так и у женщин [36, 37, 38]. Напротив, Coyle et al. сообщили, что потребление кислорода оставалось неизменным при той же аб-

солютной субмаксимальной интенсивности у семи тренированных на выносливость спортсменов через 12, 21, 56 и 84 дня после прекращения тренировок, несмотря на значительный сдвиг от волокон типа IIa к волокнам типа IIb [11]. В совокупности эти данные говорят скорее о том, что преобразование мышечных волокон практически не влияет на экономичность бега.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, большинство исследований рассматривают изменения нервно-мышечных характеристик как основной механизм, лежащий в основе улучшения экономичности бега после силовых тренировок. Однако экспериментальные методики тренировок, применяемые в научных работах, содержали различные режимы силовых нагрузок. Следовательно, необходимы дополнительные исследования, чтобы определить, какой режим силовых тренировок может быть наиболее эффективным с точки зрения улучшения экономичности бега.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мавлиев, Ф. А. Повышение анаэробной производительности борцов посредством применения специализированного тренировочного комплекса / Ф. А. Мавлиев, Ф. Р. Зотова, А. С. Назаренко, Е. С. Иванова, И. Г. Герасимова // Человек. Спорт. Медицина. – 2022. – Т. 21. – № 52. – С. 79-87. – DOI: 10.14529/hsm21s2.
2. Anderson, T. Biomechanics and running economy / T. Anderson // Sports Medicine. – 1996. – Т. 22, № 2. – С. 76-89. – DOI: 10.2165/00007256-199622020-00003.
3. Balsalobre-Fernandez, C. Effects of strength training on running economy in highly trained runners: A systematic review with meta-analysis of controlled trials / C. Balsalobre-Fernandez, J. Santos-Conceje-ro, G.V. Grivas // The Journal of Strength and Conditioning Research. – 2016. – Т. 30. – № 8. – С. 2361-2368. – DOI: 10.1519/JSC.0000000000001316.
4. Barnes, K.R. Strategies to improve running economy / K. R. Barnes, A. E. Kilding // Sports Medicine. – 2015. – Т. 45, № 1. – С. 37-56. – DOI: 10.1007/s40279-014-0246-y.
5. Beattie, K. The effect of strength training on performance indicators in distance runners / K. Beattie, B.P. Carson, M. Lyons, A. Rossiter, I.C. Kenny // The Journal of Strength & Conditioning Research. – 2017. – Т. 31, № 1. – С. 9-23. – DOI: 10.1519/JSC.0000000000001464.
6. Berryman, N. Strength Training for Middle- and Long-Distance Performance: A Meta-Analysis / N. Berryman, I. Mujika, D. Arvais, M. Roubeix, C. Binet, L. Bosquet // The International Journal of Sports Physiology and Performance. – 2018. – Т. 13, № 1. – С. 57-63. – DOI: 10.1123/ijspp.2017-0032.
7. Conley, D. Running economy and distance running performance of highly trained athletes / D. Conley, G. Krahenbuhl // Medicine and Science in Sports and Exercise. – 1980. – Т. 12, № 5. – С. 357-360.
8. Conley, D.L. Following Steve Scott: physiological changes accompanying training / D.L. Conley, G.S. Krahenbuhl, L.E. Burkett // Physician Sportsmed. – 1984. – Т. 12, № 1. – С. 103-106.
9. Costill, D.L. The relationship between selected physiological variables and distance running performance / D.L. Costill // The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness – 1967. – Т. 7, № 2. – С. 61-66.
10. Costill, D.L. Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running / D.L. Costill, H. Thomason, E. Roberts // Medicine and Science in Sports and Exercise. – 1973. – Т. 5, № 4. – С. 248-252.
11. Coyle, E.F. Effects of detraining on responses to submaximal exercise / E.F. Coyle, W.H. Martin, S.A. Bloomfield, O.H. Lowry, J.O. Holloszy // Journal of

- Applied Physiology. – 1985. – Т. 59, № 3. – С. 853-859. – DOI: 10.1152/jappl.1985.59.3.853.
12. Daniels, J.T. Physiological characteristics of champion male athletes / J.T. Daniels // *Research Quarterly for Exercise and Sport*. – 1974. – Т. 45, № 4. – С. 342-348.
 13. Daniels J.T. A physiologist's view of running economy / J. T.A. Daniels // *Medicine and science in sports and exercise*. – 1985. – Т. 17, № 3. – С. 332-338.
 14. Daniels, J.T. Running economy of elite male and elite female runners / J.T. Daniels, N. Daniels // *Medicine and Science in Sports and Exercise*. – 1992. – Т. 24, № 4. – С. 483-489.
 15. Denadai, B.S. Explosive training and heavy weight training are effective for improving running economy in endurance athletes: A systematic review and meta-analysis / B.S. Denadai, R.A. de Aguiar, L.C. de Lima, C.C. Greco, F. Caputo // *Sports Medicine*. – 2017. – Т. 47. – С. 545-554. – DOI: 10.1007/s40279-016-0604-z.
 16. Di Prampero, P.E. Energetics of best performances in middle-distance running / P.E. di Prampero, C. Capelli, P. Pagliaro, G. Antonutto, M. Girardis, P. Zamparo, R. G. Soule // *Journal of Applied Physiology*. – 1993. – Т. 74, № 5. – С. 2318-2324. – DOI: 10.1152/jappl.1993.74.5.2318.
 17. Fletcher, J. R. Running economy from a muscle energetics perspective / J.R. Fletcher, B.R. MacIntosh // *Frontiers in physiology*. – 2017. – Т. 8. – С. 433. – DOI: 10.3389/fphys.2017.00433.
 18. Hakkinen K. Neuromuscular adaptation during strength-training, aging, detraining, and immobilization / K. Hakkinen // *Critical Reviews in Physical Rehabilitation Medicine*. – 1994. – Т. 6. – С. 161-198.
 19. Hausswirth, C. Endurance and strength training effects on physiological and muscular parameters during prolonged cycling / C. Hausswirth, S. Argentin, F. Bieuzen, Y. L. Meur, A. Couturier, J. Brisswalter // *Journal of Electromyography and Kinesiology*. – 2010. – Т. 20, № 2. – С. 330-339. – DOI: 10.1016/j.jelekin.2009.04.008.
 20. Hayes, P.R. The effect of muscular endurance on running economy / P.R. Hayes, D.N. French, K. Thomas // *The Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2011. – Т. 25, № 9. – С. 2464-2469. – DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181fb4284.
 21. Hill, A. V. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen / A.V. Hill, H. Lupton // *QJM: An International Journal of Medicine*. – 1923. – № 62. – С. 135-171.
 22. Johnston, R. Strength training in female distance runners: impact on running economy / R. Johnston, T. Quinn, R. Kertzer, N.B. Vroman // *The Journal of Strength and Conditioning Research*. – 1997. – Т. 11, № 4. – С. 224-229.
 23. Jones, A. M. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness / A.M. Jones, H. Carter // *Sports Medicine*. – 2000. – Т. 29, № 6. – С. 373-386. – DOI: 10.2165/00007256-200029060-00001.
 24. Jones, A.M. The physiology of the women's world record holder for the women's marathon / A.M. Jones // *International Journal of Sports Science & Coaching*. – 2006. – Т. 1, № 2. – С. 101-115. – DOI: 10.1260/174795406777641258.
 25. Jones, A. M. Physiological demands of running at 2-hour marathon race pace / A. M. Jones, B. S. Kirby, I. E. Clark, H. M. Rice, E. Fulkerson, L. J. Wylie, D. P. Wilkerson, A. Vanhatalo, B. W. Wilkins // *Journal of Applied Physiology*. – 2021. – Т. 130, № 2. – С. 369-379. – DOI: 10.1152/japplphysiol.00647.2020
 26. Kipp, S. Extrapolating metabolic savings in running: implications for performance predictions / S. Kipp, R. Kram, W. Hoogkamer // *Frontiers in physiology*. – 2019. – Т. 10. – С. 79. – DOI: 10.3389/fphys.2019.00079.
 27. Li, F. Concurrent complex and endurance training for recreational marathon runners: Effects on neuromuscular and running performance / F. Li, G.P. Nassis, Y. Shi, G. Han, X. Zhang, B. Gao, H. Ding // *European journal of sport science*. – 2021. – Т. 21, № 9. – С. 1243-1253. – DOI: 10.1080/17461391.2020.1829080.
 28. Li, F. Correlation of eccentric strength, reactive strength, and leg stiffness with running economy in well-trained distance runners / F. Li, R.U. Newton, Y. Shi, D. Sutton, H. Ding // *The Journal of Strength & Conditioning Research*. – 2021. – Т. 35, № 6. – С. 1491-1499. – DOI: 10.1519/JSC.0000000000003446.
 29. Luckin-Baldwin, K.M. Strength Training Improves Exercise Economy in Triathletes During a Simulated Triathlon / K.M. Luckin-Baldwin, C.E. Badenhorst, A.J. Cripps, G.J. Landers, R.J. Merrells, M.K. Bulsara, G.F. Hoyne // *The International Journal of Sports Physiology and Performance*. – 2021. – Т. 16, № 5. – С. 663-673. – DOI: 10.1123/ijsp.2020-0170.
 30. Mayoralas, F. G. M. Running economy and performance. High and low intensity efforts during training and warm-up. A bibliographic review / F. G. M. Mayoralas, J. F. J. Díaz, D. J. Santos-García, R. B. Castellanos, I. Yustres, J. M. A. González-Rave // *Archivos de Medicina del Deporte*. – 2018. – Т. 35. – С. 108-116.
 31. Millet, G.P. Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and vo2 kinetics / G.P. Millet, B. Jaouen, F. Borrani, R. Candau // *Medicine and Science in Sports and Exercise*. – 2002. – Т. 34, № 8. – С. 1351-1359. – DOI: 10.1097/00005768-200208000-00018.
 32. Nishikawa, K. C. Basic science and clinical use of eccentric contractions: history and uncertainties / K.C. Nishikawa, S.L. Lindstedt, P.C. LaStayo // *Journal of sport and health science*. – 2018. – Т. 7, № 3. – С. 265-274. – DOI: 10.1016/j.jshs.2018.06.002.
 33. Nummela, A. Factors related to top running speed and economy / A. Nummela, T. Keränen, L.O. Mikkelsen // *International journal of sports medicine*. – 2007. – Т. 28, № 8. – С. 655-661. – DOI: 10.1055/s-2007-964896.
 34. Pollock, M.L. Submaximal and maximal working capacity of elite distance runners. Part I: Cardiorespiratory aspects / M.L. Pollock // *Annals of the New York Academy of Sciences*. – 1977. – Т. 301, № 1. – С. 310-322. – DOI: 10.1111/j.1749-6632.1977.tb38209.x.
 35. Saunders, P.U. Physiological measures tracking seasonal changes in peak running speed / P.U. Saunders, A.J. Cox, W.G. Hopkins et al // *International Journal of Sports Physiology and Performance*. – 2010. – Т. 5, № 2. – С. 230-238. – DOI: 10.1123/ijssp.5.2.230.

36. Staron, R.S. Muscle hypertrophy and fast fiber type conversions in heavy resistance-trained women / R.S. Staron, E.S. Malicky, M.J. Leonardi, J.E. Falke, F.S. Hagerman, G.A. Dudley // *European Journal of Applied Physiology*. – 1990. – Т. 60, № 1. – С. 71-79. – DOI: 10.1007/BF00572189.
37. Staron, R. S. Strength and skeletal muscle adaptations in heavy-resistance-trained women after detraining and retraining / R.S. Staron, M.J. Leonardi, D.L. Karapondo, E.S. Malicky, J.E. Falke, F.S. Hagerman, R.S. Hikida // *Journal of Applied Physiology*. – 1991. – Т. 70, № 2. – С. 631-640. – DOI: 10.1152/jappl.1991.70.2.631.
38. Staron, R.S. Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women / R.S. Staron, D.L. Karapondo, W.J. Kraemer, A.C. Fry, S.E. Gordon, J.E. Falke, F.C. Hagerman, R.S. Hikida // *Journal of Applied Physiology*. – 1994. – Т. 76, № 3. – С. 1247-1255. – DOI: 10.1152/jappl.1994.76.3.1247.
39. Tam, N. The quest to optimize running performance: Running economy and its biomechanical and neuromuscular considerations / N. Tam, J. Santos-Concejero, R. Tucker, R. Lamberts // *Journal of Science and Medicine in Sport*. – 2017. – Т. 20. – С. 85. – DOI: 10.1016/j.jsams.2017.09.365.
40. Tam, N. Running economy: neuromuscular and joint-stiffness contributions in trained runners / N. Tam, R. Tucker, J. Santos-Concejero, D. Prins, R.P. Lamberts // *International journal of sports physiology and performance*. – 2019. – Т. 14, № 1. – С. 16-22. – DOI: 10.1123/ijsp.2018-0151.
41. Tartaruga, M. P. The relationship between running economy and biomechanical variables in distance runners / M.P. Tartaruga, J. Brisswalter, L.A. Peyré-Tartaruga, A.O.V. Ávila, C.L. Alberton, M. Coertjens, E.L. Cadore, C.L. Tiggemann, E.M. Silva, L. F. M. Krueel // *Research Quarterly for Exercise and Sport*. – 2012. – Т. 83, № 3. – С. 367-375. – DOI: 10.1080/02701367.2012.10599870.
42. Vogt, M. Eccentric exercise: mechanisms and effects when used as training regime or training adjunct / M. Vogt, H.H. Hoppeler // *Journal of applied Physiology*. – 2014. – Т. 116, № 11. – С. 1446-1454. – DOI: 10.1152/jappphysiol.00146.2013.

REFERENCES

1. Mavliev, F.A. Increasing the anaerobic performance of wrestlers through the use of a specialised training package / F.A. Mavliev, F.R. Zotova, A.S. Nazarenko, E.S. Ivanova, I.G. Gerasimova // *Human. Sport. Medicine*. – 2022. – Vol. 21, № S2. – P. 79-87. – DOI: 10.14529/hsm21s2.
2. Anderson, T. Biomechanics and running economy / T. Anderson // *Sports Medicine*. – 1996. – Vol. 22, № 2. – P. 76-89. – DOI: 10.2165/00007256-199622020-00003.
3. Balsalobre-Fernandez, C. Effects of strength training on running economy in highly trained runners: A systematic review with meta-analysis of controlled trials / C. Balsalobre-Fernandez, J. Santos-Concejero, G.V. Grivas // *The Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2016. – Vol. 30, № 8. – P. 2361-2368. – DOI: 10.1519/JSC.0000000000001316.
4. Barnes, K.R. Strategies to improve running economy / K.R. Barnes, A.E. Kilding // *Sports Medicine*. – 2015. – Vol. 45, № 1. – P. 37-56. – DOI: 10.1007/s40279-014-0246-y.
5. Beattie, K. The effect of strength training on performance indicators in distance runners / K. Beattie, B.P. Carson, M. Lyons, A. Rossiter, I.C. Kenny // *The Journal of Strength & Conditioning Research*. – 2017. – Vol. 31, № 1. – P. 9-23. – DOI: 10.1519/JSC.0000000000001464.
6. Berryman, N. Strength Training for Middle- and Long-Distance Performance: A Meta-Analysis / N. Berryman, I. Mujika, D. Arvisais, M. Roubeix, C. Binet, L. Bosquet // *The International Journal of Sports Physiology and Performance*. – 2018. – Vol. 13, № 1. – P. 57-63. – DOI: 10.1123/ijsp.2017-0032.
7. Conley, D. Running economy and distance running performance of highly trained athletes / D. Conley, G. Krahenbuhl // *Medicine and Science in Sports and Exercise*. – 1980. – Vol. 12, № 5. – P. 357-360.
8. Conley, D.L. Following Steve Scott: physiological changes accompanying training / D.L. Conley, G.S. Krahenbuhl, L.E. Burkett // *Physician Sportsmed*. – 1984. – Vol. 12, № 1. – P. 103-106.
9. Costill, D.L. The relationship between selected physiological variables and distance running performance / D.L. Costill // *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. – 1967. – Vol. 7, № 2. – P. 61-66.
10. Costill, D.L. Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running / D.L. Costill, H. Thomason, E. Roberts // *Medicine and Science in Sports and Exercise*. – 1973. – Vol. 5, № 4. – P. 248-252.
11. Coyle, E.F. Effects of detraining on responses to submaximal exercise / E.F. Coyle, W.H. Martin, S.A. Bloomfield, O.H. Lowry, J.O. Holloszy // *Journal of Applied Physiology*. – 1985. – Vol. 59, № 3. – P. 853-859. – DOI: 10.1152/jappl.1985.59.3.853.
12. Daniels, J.T. Physiological characteristics of champion male athletes / J.T. Daniels // *Research Quarterly for Exercise and Sport*. – 1974. – Vol. 45, № 4. – P.342-348.
13. Daniels J.T. A physiologist's view of running economy / J.T.A. Daniels // *Medicine and science in sports and exercise*. – 1985. – Vol. 17, № 3. – P. 332-338.
14. Daniels, J.T. Running economy of elite male and elite female runners / J.T. Daniels, N. Daniels // *Medicine and Science in Sports and Exercise*. – 1992. – Vol. 24, № 4. – P. 483-489.
15. Denadai, B.S. Explosive training and heavy weight training are effective for improving running economy in endurance athletes: A systematic review and meta-analysis / B.S. Denadai, R.A. de Aguiar, L.C. de Lima, C.C. Greco, F. Caputo // *Sports Medicine*. – 2017. – Vol. 47. – P. 545-554. – DOI: 10.1007/s40279-016-0604-z.
16. Di Prampero, P.E. Energetics of best performances in middle-distance running / P.E. di Prampero, C. Capelli, P. Pagliaro, G. Antonutto, M. Girardis, P. Zamparo, R. G. Soule // *Journal of Applied*

- Physiology. – 1993. – Vol. 74, № 5. – P. 2318-2324. – DOI: 10.1152/jappl.1993.74.5.2318.
17. Fletcher, J. R. Running economy from a muscle energetics perspective / J.R. Fletcher, B.R. MacIntosh // *Frontiers in physiology*. – 2017. – Vol. 8. – P. 433. – DOI: 10.3389/fphys.2017.00433.
 18. Hakkinen K. Neuromuscular adaptation during strength-training, aging, detraining, and immobilization / K. Hakkinen // *Critical Reviews in Physical Rehabilitation Medicine*. – 1994. – Vol. 6. – P. 161-198.
 19. Hausswirth, C. Endurance and strength training effects on physiological and muscular parameters during prolonged cycling / C. Hausswirth, S. Argentin, F. Bieuzen, Y. L. Meur, A. Couturier, J. Brisswalter // *Journal of Electromyography and Kinesiology*. – 2010. – Vol. 20, № 2. – P. 330-339. – DOI: 10.1016/j.jelekin.2009.04.008.
 20. Hayes, P.R. The effect of muscular endurance on running economy / P.R. Hayes, D.N. French, K. Thomas // *The Journal of Strength and Conditioning Research*. – 2011. – Vol. 25, № 9. – P. 2464-2469. – DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181fb4284.
 21. Hill, A. V. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen / A.V. Hill, H. Lupton // *QJM: An International Journal of Medicine*. – 1923. – Vol. 62. – P. 135-171.
 22. Johnston, R. Strength training in female distance runners: impact on running economy / R. Johnston, T. Quinn, R. Kertzer, N.B. Vroman // *The Journal of Strength and Conditioning Research*. – 1997. – Vol. 11, № 4. – P. 224-229.
 23. Jones, A. M. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness / A.M. Jones, H. Carter // *Sports Medicine*. – 2000. – Vol. 29, № 6. – P. 373-386. – DOI: 10.2165/00007256-200029060-00001.
 24. Jones, A.M. The physiology of the women's world record holder for the women's marathon / A.M. Jones // *International Journal of Sports Science & Coaching*. – 2006. – Vol. 1, № 2. – P. 101-115. – DOI:10.1260/174795406777641258.
 25. Jones, A.M. Physiological demands of running at 2-hour marathon race pace / A. M. Jones, B. S. Kirby, I. E. Clark, H. M. Rice, E. Fulkerson, L. J. Wylie, D. P. Wilkerson, A. Vanhatalo, B. W. Wilkins // *Journal of Applied Physiology*. – 2021. – Vol. 130, № 2. – P. 369-379. – DOI: 10.1152/jappphysiol.00647.2020
 26. Kipp, S. Extrapolating metabolic savings in running: implications for performance predictions / S. Kipp, R. Kram, W. Hoogkamer // *Frontiers in physiology*. – 2019. – Vol. 10. – P. 79. – DOI: 10.3389/fphys.2019.00079.
 27. Li, F. Concurrent complex and endurance training for recreational marathon runners: Effects on neuromuscular and running performance / F. Li, G.P. Nassis, Y. Shi, G. Han, X. Zhang, B. Gao, H. Ding // *European journal of sport science*. – 2021. – Vol. 21, № 9. – P. 1243-1253. – DOI: 10.1080/17461391.2020.1829080.
 28. Li, F. Correlation of eccentric strength, reactive strength, and leg stiffness with running economy in well-trained distance runners / F. Li, R.U. Newton, Y. Shi, D. Sutton, H. Ding // *The Journal of Strength & Conditioning Research*. – 2021. – Vol. 35, № 6. – P. 1491-1499. – DOI: 10.1519/JSC.0000000000003446.
 29. Luckin-Baldwin, K.M. Strength Training Improves Exercise Economy in Triathletes During a Simulated Triathlon / K.M. Luckin-Baldwin, C.E. Badenhorst, A.J. Cripps, G.J. Landers, R.J. Merrells, M.K. Bulsara, G.F. Hoyne // *The International Journal of Sports Physiology and Performance*. – 2021. – Vol. 16, № 5. – P. 663-673. – DOI: 10.1123/ijsp.2020-0170.
 30. Mayorals, F. G. M. Running economy and performance. High and low intensity efforts during training and warm-up. A bibliographic review / F. G. M. Mayorals, J. F. J. Diaz, D. J. Santos-García, R. B. Castellanos, I. Yustres, J. M. A. González-Rave // *Archivos de Medicina del Deporte*. – 2018. – Vol. 35. – C. 108-116.
 31. Millet, G.P. Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and vo2 kinetics / G.P. Millet, B. Jaouen, F. Borrani, R. Candau // *Medicine and Science in Sports and Exercise*. – 2002. – Vol. 34, № 8. – P. 1351-1359. – DOI: 10.1097/00005768-200208000-00018.
 32. Nishikawa, K. C. Basic science and clinical use of eccentric contractions: history and uncertainties / K.C. Nishikawa, S.L. Lindstedt, P.C. LaStayo // *Journal of sport and health science*. – 2018. – Vol. 7, № 3. – P. 265-274. – DOI: 10.1016/j.jshs.2018.06.002.
 33. Nummela, A. Factors related to top running speed and economy / A. Nummela, T. Keränen, L.O. Mikkelsen // *International journal of sports medicine*. – 2007. – Vol. 28, № 8. – P. 655-661. – DOI: 10.1055/s-2007-964896.
 34. Pollock, M.L. Submaximal and maximal working capacity of elite distance runners. Part I: Cardiorespiratory aspects / M.L. Pollock // *Annals of the New York Academy of Sciences*. – 1977. – Vol. 301, № 1. – P. 310-322. – DOI: 10.1111/j.1749-6632.1977.tb38209.x.
 35. Saunders, P.U. Physiological measures tracking seasonal changes in peak running speed / P.U. Saunders, A.J. Cox, W.G. Hopkins et al // *International Journal of Sports Physiology and Performance*. – 2010. – Vol. 5, № 2. – P. 230-238. – DOI: 10.1123/ijsp.5.2.230.
 36. Staron, R.S. Muscle hypertrophy and fast fiber type conversions in heavy resistance-trained women / R.S. Staron, E.S. Malicky, M.J. Leonardi, J.E. Falke, F.S. Hagerman, G.A. Dudley // *European Journal of Applied Physiology*. – 1990. – Vol. 60, № 1. – P. 71-79. – DOI: 10.1007/BF00572189.
 37. Staron, R. S. Strength and skeletal muscle adaptations in heavy-resistance-trained women after detraining and retraining / R.S. Staron, M.J. Leonardi, D.L. Karapondo, E.S. Malicky, J.E. Falke, F.S. Hagerman, R.S. Hikida // *Journal of Applied Physiology*. – 1991. – Vol. 70, № 2. – P. 631-640. – DOI: 10.1152/jappl.1991.70.2.631.
 38. Staron, R.S. Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women / R.S. Staron, D.L. Karapondo, W.J. Kraemer, A.C. Fry, S.E. Gordon, J.E. Falke, F.C. Hagerman, R.S. Hikida // *Journal of Applied Physiology*. – 1994. – Vol. 76, № 3. – P. 1247-1255. – DOI: 10.1152/jappl.1994.76.3.1247.
 39. Tam, N. The quest to optimize running performance: Running economy and its biomechanical and

- neuromuscular considerations / N. Tam, J. Santos-Concejero, R. Tucker, R. Lamberts // *Journal of Science and Medicine in Sport*. – 2017. – Vol. 20. – P. 85. – DOI: 10.1016/j.jsams.2017.09.365.
40. Tam, N. Running economy: neuromuscular and joint-stiffness contributions in trained runners / N. Tam, R. Tucker, J. Santos-Concejero, D. Prins, R.P. Lamberts // *International journal of sports physiology and performance*. – 2019. – Vol. 14, № 1. – P. 16-22. – DOI: 10.1123/ijsp.2018-0151.
41. Tartaruga, M. P. The relationship between running economy and biomechanical variables in distance runners / M.P. Tartaruga, J. Brisswalter, L.A. Peyré-Tartaruga, A.O.V. Ávila, C.L. Alberton, M. Coertjens, E.L. Cadore, C.L. Tiggemann, E.M. Silva, L. F. M. Krueel // *Research Quarterly for Exercise and Sport*. – 2012. – Vol. 83, № 3. – P. 367-375. – DOI: 10.1080/02701367.2012.10599870.
42. Vogt, M. Eccentric exercise: mechanisms and effects when used as training regime or training adjunct / M. Vogt, H.H. Hoppeler // *Journal of applied Physiology*. – 2014. – Vol. 116, № 11. – P. 1446-1454. – DOI: 10.1152/jappphysiol.00146.2013.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Солонщикова Виктория Сергеевна (Solonshchikova Victoria Sergeevna) – магистрант; ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма»; 420010, г. Казань, территория Деревня Универсиады, 35; e-mail: vika_ss@bk.ru; ORCID: 0000-0001-7093-5889.

Набатов Алексей Анатольевич (Nabatov Alexey Anatolevich) – доктор биологических наук, доцент кафедры медико-биологических дисциплин; ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма»; 420010, г. Казань, территория Деревня Универсиады, 35; e-mail: rastoska@mail.ru; ORCID: 0000-0001-7932-1445.

Назаренко Андрей Сергеевич (Nazarenko Andrey Sergeevich) – кандидат биологических наук, доцент, проректор по научной работе и международной деятельности; Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма; 420010, г. Казань, территория Деревня Универсиады, 35; hard@inbox.ru; ORCID: 0000-0002-3067-8395.

Мавлиев Фанис Азгатович (Mavliev Fanis Azgatovich) – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник НИИ физической культуры и спорта; Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма; 420010, г. Казань, территория Деревня Универсиады, 35; fanis16rus@mail.ru; ORCID: 0000-0001-8981-7583.

Поступила в редакцию 20 апреля 2022 г.

Принята к публикации 12 мая 2022 г.

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Солонщикова, В.С. Факторы, опосредующие влияние силовых тренировок на экономичность бега у спортсменов / В.С. Солонщикова, А.А. Набатов, А.С. Назаренко и др. // *Наука и спорт: современные тенденции*. – 2022. – Т. 10, № 2. – С. 27-35. DOI: 10.36028/2308-8826-2022-10-2-27-35

FOR CITATION

Solonshchikova V.S., Nabatov A.A., Nazarenko A.S., Mavliev F.A. The impact of strength training on running economy, *Science and sport: current trends*, 2022, vol. 10, no.2, pp. 27-35 (in Russ.) DOI: 10.36028/2308-8826-2022-10-2-27-35
