Дата публикации: 01.09.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_03_34
УДК 796.015.682

Publication date: 01.09.2026
DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_03_34
UDC 796.015.682

ЭКОНОМИЧНОСТЬ БЕГА У БЕГУНОВ НА ДЛИННЫЕ ДИСТАНЦИИ НА ЭТАПЕ СПОРТИВНОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ

В.Д. Емельянов, А.И. Ларькин
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», г. Казань, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Исследование факторов, влияющих на результативность в беге на длинные дистанции, является важной задачей для совершенствования процесса подготовки в условиях значительной конкуренции. ***Методы.*** В исследовании приняли участие 6 бегунов 17-20 лет, специализирующихся в беге на 1 500-5 000 м (III-I спортивные разряды). Экономичность бега оценивали в лабораторных условиях с использованием газоанализатора «MetaLyzer 3B-R2» и тредбана «HP Cosmos Quasar» при выполнении бега в течение 11-ти минут с удержанием скорости бега 16 км/ч в течение 5-ти минут. ***Результаты.*** Установлено, что среднее значение экономичности бега у бегунов на этапе спортивной специализации (3,95±0,06 Дж/кг/м) выше, чем у лиц, не занимающихся спортом (4,19±0,10 Дж/кг/м), но значительно хуже, чем у квалифицированных спортсменов данной специализации. ***Заключение.*** Полученные результаты указывают на эффективность повышения спортивных результатов через оптимизацию темпа и уменьшение времени отталкивания в беге на длинные дистанции.
Ключевые слова: экономичность бега, бег на длинные дистанции, учебно-тренировочный этап, аэробная работоспособность, энергетическая стоимость бега.

LONG-DISTANCE RUNNING EFFICIENCY AT THE SPORTS SPECIALIZATION STAGE: LABORATORY EVALUATION AND COMPARATIVE ANALYSIS

V.D. Emelyanov, A.I. Larkin
Volga Region State University of Physical Culture, Sport and Tourism, Kazan, Russia

Abstract. ***Introduction.*** Research into the factors that influence performance in long-distance running is an important task for improving the training process in conditions of significant competition. ***Methods.*** The study involved 6 runners 17-20 years old specializing in 1,500-5,000 m (III-I sports categories). Running efficiency was evaluated in the laboratory using a MetaLyzer 3B-R2 gas analyzer and an HP Cosmos Quasar treadmill in an 11-minute test with a 5-minute run at 16 km/h. ***Results.*** It has been found that the average value of running efficiency in runners at the sports specialization stage (3.95±0.06 J/kg/m) is higher than in non-athletes (4.19±0.10 J/kg/m), but much worse than in qualified athletes of this specialization. ***Conclusion.*** The results obtained indicate the effectiveness of improving athletic performance through pace optimization and reduced push-off time in long-distance running.
Keywords: running efficiency, long-distance running, sports specialization stage, aerobic performance, energy cost of running.

Введение. В последнее время бег на длинные дистанции стал популярным не только среди профессиональных спортсменов, но и среди любителей, что обусловливает устойчивый интерес к факторам, определяющим результативность стайеров на разных этапах многолетней подготовки. Показателями аэробной работоспособности считаются максимальное потребление кислорода (МПК), скорость бега на уровне порога анаэробного обмена (ПАНО) и экономичность бега как потребность в энергии для поддержания определенной скорости. Экономичность бега позволяет спортсмену сохранять силы для финишного ускорения и избегать преждевременного утомления. По данным В.Д. Кряжева с соавт., бегуны на этапе высшего спортивного мастерства обладают техникой, позволяющей минимизировать затраты энергии. У них большее соотношение медленных мышечных волокон к быстрым, более развиты капилляризация тканей и митохондриальная плотность в клетках мышц, что улучшает доставку кислорода и питательных веществ к работающим

мышцам, снижая потребность в кислороде [1].

По мнению ряда авторов, спортсмены с хорошими показателями экономичности бега затрачивают меньше кислорода при той же скорости бега, что и бегуны с плохим показателем. Исследования показывают, что экономичность бега имеет сильную взаимосвязь с производительностью бега на длинные дистанции, что является лучшим предиктором производительности, чем максимальное потребление кислорода (VO_2max) и коэффициент дыхательного обмена. Примером данного явления могут служить бегуны из Восточной Африки, доминирующие в беге на длинные дистанции, в том числе и за счет высокой экономичности бега [1-3].

Особенно важно формирование экономичной техники на этапе спортивной специализации, когда закладываются основы техники бега и формируются устойчивые биомеханические стереотипы. Исследования последних лет подтверждают необходимость детального изучения и разработки методических рекомендаций повышения экономичности бега у спортсменов, специализирующихся в беге на длинные дистанции [4].

Цель исследования: сравнительный анализ показателей экономичности бега у бегунов на длинные дистанции, занимающихся на различных этапах подготовки, и лиц, не занимающихся спортом.

Методы и организация исследования. Исследование проводилось на базе спортивной школы олимпийского резерва «Атлетика» города Казани. В исследовании приняли участие 6 бегунов в возрасте от 17 до 20 лет, специализирующихся в беге на дистанции 1 500-5 000 м, занимающихся на этапе спортивной специализации и имеющих I-III спортивные разряды. Педагогическое тестирование было направлено на определение показателей экономичности бега у бегунов на длинные дистанции на этапе спортивной специализации. Для этого использовались газоанализатор «MetaLyzer 3B-R2» и тредбан «HP Cosmos Quasar», что соответствует современным подходам к оценке функционального состояния стайеров. Тест включал 11-минутный протокол: первые 3 минуты – постепенное повышение скорости бега до 16 км/ч, затем поддержание данной скорости в течение 5 минут, после чего в течение 3 минут происходило постепенное снижение скорости до полной остановки. Перед тестированием спортивный врач проводил обследование, включавшее измерение артериального давления, частоты сердечных сокращений, оценку сатурации и регистрацию электрокардиограммы с целью контроля готовности испытуемых к нагрузке. Во время тестирования частота сердечных сокращений дополнительно регистрировалась с помощью нагрудного датчика Polar H10.

По данным газоанализа определялись частота дыхания, легочная вентиляция, объемы потребляемого кислорода и выделяемого углекислого газа. Экономичность бега (Crtot) вычислялась по формуле:

$$Crtot = Cr + 0{,}72 * V^2/MT + V^2/S,$$

где Cr – энергетическая стоимость бега со скоростью 16 км/ч над уровнем покоя и без учета сопротивления воздуха (Дж/кг/м на основе эквивалента: 20,9 Дж = 1 мл O_2) [5-7];

V – скорость, м/с;

MT – масса тела, кг;

S – расстояние, м.

Статистическая обработка полученных данных проведена с использованием стандартной программы STATISTICA 6.0 и StatTech v. 4.10.3. Для проверки нормальности распределения данных использовался критерий Шапиро-Уилка, включавший вычисление средних значений и стандартных отклонений. Для сравнительного анализа применялись опубликованные данные об экономичности бега у лиц, не занимающихся спортом, а также у европейских и африканских квалифицированных бегунов на длинные дистанции.

Результаты исследования и их обсуждение. В ходе анализа современных результатов исследований, посвященных бегу на длинные дистанции, были выделены факторы, влияющие на экономичность бега, и наиболее информативные показатели ее оценки. Физическую работоспособность для успешного преодоления марафонской дистанции можно повысить за счет активизации аэробных процессов энергетического обеспечения, т.е. за счет «экономии» гликолитического вклада энергопродукции, что

достигается тренировочной работой в больших объемах [8, 9].

Проведенное тестирование позволило сделать сравнительный анализ показателей экономичности бега бегунов на длинные дистанции, занимающихся на учебно-тренировочном этапе с бегунами на длинные дистанции на этапе высшего спортивного мастерства.

В результате проведенного исследования было установлено, что у бегунов на средние дистанции, занимающихся на учебно-тренировочном этапе, экономичность бега в среднем составляет 3,95±0,06 Дж/кг/м. При этом индивидуальные значения находились в узком диапазоне (σ=0,06), что отражает относительную однородность группы по уровню специальной выносливости и технической подготовленности.

Сопоставление с данными исследований показателя экономичности бега у квалифицированных спортсменов и людей, не занимающихся бегом, выявило, что самое лучшее значение определено у квалифицированных стайеров африканского происхождения (3,37±0,08 Дж/кг/м), в то время как у спортсменов той же квалификации европейского происхождения этот показатель в среднем равен 3,8±0,05 Дж/кг/м. У людей, не занимающихся спортом, экономичность бега составляет около 4,19±0,10 Дж/кг/м. Таким образом, экономичность бега у тестируемой группы на 5,9% выше, чем у нетренированных лиц, на 3,87% ниже, чем у европейских бегунов высокой квалификации, и на 15,85% ниже, чем у африканских стайеров.

Следовательно, у спортсменов, специализирующихся в беге на длинные дистанции, на учебно-тренировочном этапе показатели экономичности бега достаточно высокие по сравнению с лицами, не занимающимися спортом, что обусловлено регулярной тренировкой аэробной направленности, совершенствованием техники и адаптацией функциональных систем. Вместе с тем выявленное отставание от показателей бегунов на этапе высшего спортивного мастерства указывает на наличие значительных резервов дальнейшего повышения экономичности бега.

Ряд исследователей отмечают, что высокоэкономичные бегуны характеризуются благоприятным сочетанием биомеханических, морфологических и функциональных характеристик: оптимальными росто-весовыми показателями, рациональной техникой, высоким содержанием медленно сокращающихся мышечных волокон, развитой капилляризацией и мощной митохондриальной сетью. На учебно-тренировочном этапе (спортивной специализации) указанные компоненты продолжают активно формироваться, что позволяет рекомендовать дальнейшую работу над улучшением данного показателя как одного из основных факторов, влияющих на результат. Наиболее эффективными средствами большинство специалистов считают:

- бег по наклонной поверхности (продолжительность – не менее 2-х минут, интенсивность – 70-80% от максимальной, величина уклона – 7-10%);
- силовые упражнения, направленные на развитие силовой выносливости сгибателей-разгибателей бедра, с отягощениями 30-40% от повторного максимума;
- прыжковые упражнения – многоскоки, в том числе на наклонной поверхности, на отрезках до 150 м, интенсивность – около 70%;
- гипоксические тренировки в условиях среднегорья;
- упражнения по совершенствованию техники бега, по оптимизации длинны и частоты шагов.

Также важно проводить регулярный функциональный мониторинг с применением газоанализа и тестирования беговой экономичности. На этапе спортивной специализации особое значение приобретают задачи формирования устойчивых двигательных стереотипов, оптимизации длины и частоты шага, снижения вертикальных колебаний центра масс и сокращения избыточной мышечной активности.

Заключение. Проведенное исследование показало, что на учебно-тренировочном этапе (спортивной специализации) в беге на длинные дистанции сохраняется потенциал для роста спортивного результата за счет повышения показателей экономичности бега. Экономичность бега у исследуемой группы на 5,9% выше, чем у нетренированных лиц, на 3,87% ниже, чем у европейских стайеров, и на 15,85% ниже,

чем у африканских бегунов высокой квалификации, что отражает промежуточный характер функционального статуса спортсменов на этапе спортивной специализации. Оценка показателей экономичности бега на основе расчета потребления кислорода и расхода энергии позволит корректировать тренировочный процесс, используя методические приемы. Повышение показателей экономичности бега у спортсменов на этапе спортивной специализации должно включать комплексное воздействие на аэробную производительность, развитие силовых, скоростно-силовых и координационных способностей, совершенствование техники.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кряжев, В.Д. Экономичность бега: определение, оценка, элементы и структура, резервы повышения / В.Д. Кряжев, Е.В. Толстой, Н.Н. Маринина // Вестник спортивной науки. – 2020. – № 4. – С. 9-15.
2. Дэниелс, Дж. От 800 метров до марафона. Проверенные методы и программы подготовки для успеха в беге на выносливость / пер. с англ. Н. Беловой; под ред. И. Нечаева. – Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2019. – 304 с.
3. Трясов, В.Б. Сравнительный анализ в беге на марафонские дистанции в России и мире / В.Б. Трясов // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2020. – № 5. – С. 438-442.
4. Соломахин, О.Б. Информированность тренеров о методах тренировок и тестирования в легкой атлетике / О.Б. Соломахин, А.И. Слепнева, Ф.А. Мавлиев // Наука и спорт: современные тенденции. – 2021. – Т. 9. – № 4. – С. 83-90. DOI: 10.36028/2308-8826-2021-9-4-83-90.
5. Каплан, С.Э. Мониторинг функционального состояния бегунов-марафонцев / С.Э. Каплан. – Ульяновск: Ульяновский государственный университет, 2017. – 312 с.
6. Ларин, С.В. Использование специализированных методов тестирования бегунов-марафонцев / С.В. Ларин. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2018. – 288 с.
7. Милодан, В.А. Возможности прогнозирования теста на максимальное потребление кислорода / В.А. Милодан // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2009. – № 1(74) – С. 73-75.
8. Волков, Н.И. Биоэнергетика спорта: монография / Н.И. Волков, В.И. Олейников. – Москва: Советский спорт, 2011. – 160 с.
9. Кашапов, Р.И. Особенности энергообеспечения мышечной деятельности в марафонском беге / Р.И. Кашапов, Р.Р. Кашапов // Наука и спорт: современные тенденции. – 2018. – Т. 21. – № 4. – С. 50-54.

REFERENCES

1. Kryazhev V.D., Tolstoy E.V., Marinina N.N. Running economy: definition, estimation, elements and structure, reserves of improving. *Sports Science Bulletin*, 2020, no. 4, pp. 9-15. (in Russ.)
2. Daniels J. Daniels' Running Formula: Proven programs: 800 m to the marathon. Belova N., transl. into Russian; Nechaev I. ed. Moscow: Mann, Ivanov and Ferber, 2019. 304 p. (in Russ.)
3. Tryasov V.B. Comparative analysis in running marathon distances in Russia and the world. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2020, no. 5, pp. 438-442. (in Russ.)
4. Solomakhin O.B., Slepneva A.I., Mavliev F.A. Awareness of coaches about training and testing methods in athletics. *Science and sport: current trends*, 2021, vol. 9, no. 4, pp. 83-90. DOI: 10.36028/2308-8826-2021-9-4-83-90. (in Russ.)
5. Kaplan S.E. Monitoring the functional status of marathon runners. Ulyanovsk: Ulyanovsk State University, 2017. 312 p. (in Russ.)
6. Larin S.V. Use of specialized testing methods for marathon runners. Kursk: Southwestern State University, 2018. 288 p. (in Russ.)
7. Milodan V.A. The possibilities of predicting the test for maximum oxygen consumption. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2009, no. 1(74), pp. 73-75. (in Russ.)
8. Volkov N.I., Oleinikov V.I. Bioenergetics of sports: a monograph. Moscow: Sovetsky sport, 2011. 160 p. (in Russ.)
9. Kashapov R.I., Kashapov R.R. Features of energy supply of muscle activity in marathon. *Science and sport: current trends*, 2018, vol. 21, no. 4, pp. 50-54. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Василий Дмитриевич Емельянов – доцент кафедры теории и методики легкой атлетики и гребных видов спорта им. Г.В. Цыганова, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, e-mail: emelianov68@list.ru.
Артем Игоревич Ларькин – студент кафедры теории и методики легкой атлетики и гребных видов спорта им. Г.В. Цыганова, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, e-mail: artlarkin05@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Vasily D. Emelyanov – Associate Professor of the Department of Theory and Methodology of Athletics and Rowing Sports named after G.V. Tsyganova, Volga Region State University of Physical Culture, Sport and Tourism. Kazan, e-mail: emelianov68@list.ru.
Artyom I. Larkin – Student of the Department of Theory and Methodology of Athletics and Rowing Sports named after G.V. Tsyganova, Volga Region State University of Physical Culture, Sport and Tourism, Kazan, e-mail: artlarkin05@mail.ru.

Для цитирования: Емельянов, В.Д. Экономичность бега у бегунов на длинные дистанции на этапе спортивной специализации / В.Д. Емельянов, А.И. Ларькин // Современные вопросы биомедицины. – 2026. – Т. 10. – № 3(38). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_03_34

For citation: Emelyanov V.D., Larkin A.I. Long-distance running efficiency at the sports specialization stage: laboratory evaluation and comparative analysis. *Modern Issues of Biomedicine*, 2026, vol. 10, no. 3(38). DOI: 10.24412/2588-0500-2026_10_03_34