

ДИНАМИКА УРОВНЯ ТРИГЛИЦЕРИДОВ У ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ КОНЬКОБЕЖЦЕВ ВО ВРЕМЯ ТРЕНИРОВКИ АЭРОБНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГОРЬЯ

А.Ю. Загородникова¹, anastasiyazagorodnikova@mail.ru,
<http://orcid.org/0000-0003-3169-5864>

И.С. Марьин¹, is.marin@mpgu.su, <http://orcid.org/0000-0002-4945-9280>

Е.Б. Ватамановская¹, catia2@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6361-2018>

А.В. Жалилов², bonifacii1977@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3634-4521>

М.В. Еремин², eremin-max@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9791-4615>

¹ Московский педагогический государственный университет, Москва, Россия

² Российский государственный социальный университет, Москва, Россия

Аннотация. Цель: анализ уровня триглицеридов у высококвалифицированных конькобежцев в ответ на длительную физическую нагрузку в условиях среднегорья в подготовительном периоде. **Материалы и методы.** Исследование проводилось в августе 2023 года во время тренировочного сбора в условиях среднегорья (Домбай) на высоте 1500–1700 метров над уровнем моря. Выборку составили 13 спортсменов 19–25 лет (мужчины и женщины), входящих в состав сборной России по конькобежному спорту, имеющих спортивное звание мастера спорта, мастера спорта международного класса. Испытуемые были разделены на две группы. Для анализа уровня триглицеридов оценивали динамику уровня триглицеридов и лактата в крови спортсменов. Забор биоматериала производился в течение равномерной длительной велотренировки в три этапа. **Результаты.** В ответ на длительную аэробную нагрузку у конькобежцев в течение тренировки выявлена следующая реакция триглицеридов: на 45-й минуте наблюдается устойчивое повышение уровня липидов, на 80-й минуте значительных изменений не выявлено, на 130-й минуте наблюдается высокая концентрация липидов; падение уровня концентрации липидов в крови спортсменов прослеживается сразу после окончания физической нагрузки; спустя 40 минут после завершения тренировки выявлено значительное повышение уровня липидов. **Заключение.** Изменение уровня концентрации триглицеридов в крови во время работы аэробной направленности в условиях среднегорья отвечает логике энергетического обмена и полностью обеспечивает возможность её выполнения. Исследование динамики показателей уровня триглицеридов у высококвалифицированных конькобежцев позволяет предположить, что в течение тренировки в обеих группах наблюдалась разнонаправленная динамика уровня триглицеридов, скорость их включения зависит от индивидуальных особенностей организма каждого спортсмена.

Ключевые слова: триглицериды, конькобежный спорт, тренировка в условиях среднегорья, лактат

Для цитирования: Динамика уровня триглицеридов у высококвалифицированных конькобежцев во время тренировки аэробной направленности в условиях среднегорья / А.Ю. Загородникова, И.С. Марьин, Е.Б. Ватамановская и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № S1. С. 14–19. DOI: 10.14529/hsm24s102

THE DYNAMICS OF TRIGLYCERIDE LEVELS IN HIGHLY SKILLED SKATERS DURING AEROBIC TRAINING AT MIDDLE ALTITUDE

A.Yu. Zagorodnikova¹, anastasizagorodnikova@mail.ru,
<http://orcid.org/0000-0003-3169-5864>

I.S. Marin¹, is.marin@mpgu.su, <http://orcid.org/0000-0002-4945-9280>

E.B. Vatamanovskaya¹, catia2@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6361-2018>

A.V. Zhalilov², bonifacii1977@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3634-4521>

M.V. Eremin², eremin-max@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9791-4615>

¹ Moscow State Pedagogical University, Moscow, Russia

² Russian Social State University, Moscow, Russia

Abstract. Aim. The aim of this study was to investigate the changes in triglyceride levels among highly skilled skaters in response to prolonged physical activity at mid-altitude during the preparatory phase. **Materials and methods.** The study was conducted in August 2023, at a training camp situated in mid-mountain conditions (Dombay), at an elevation of 1500–1700 meters above sea level. The cohort comprised 13 athletes, aged 19–25 years, both male and female, who are part of the Russian speed skating team and hold the titles of Master of Sports and Master of Sports of International Class. The participants were divided into two distinct groups. The analysis focused on the assessment of triglyceride levels and lactate dynamics, with biomaterial collected during a standardized, extended cycling exercise session in three distinct phases. **Results.** The study revealed a distinct pattern of triglyceride metabolism in response to prolonged aerobic exercise among speed skaters during training: a steady increase in lipid levels was observed at the 45-minute mark, with no significant alterations noted at the 80-minute mark. By the 130-minute mark, a significant increase in lipid concentration was observed. Following the cessation of physical activity, a notable decrease in lipid concentration in the blood was observed, with a subsequent significant increase in lipid levels detected 40 minutes post-exercise. **Conclusion.** The observed changes in triglyceride concentration during aerobic training in mid-mountain conditions align with the principles of energy metabolism, thereby validating the feasibility of such a training approach. The analysis of triglyceride dynamics among highly skilled speed skaters indicates that the rate of triglyceride incorporation varies among individuals, reflecting individual physiological characteristics.

Keywords: triglycerides, speed skating, middle altitude training, lactate

For citation: Zagorodnikova A.Yu., Marin I.S., Vatamanovskaya E.B., Zhalilov A.V., Eremin M.V. The dynamics of triglyceride levels in highly skilled skaters during aerobic training at middle altitude. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(S1):14–19. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm24s102

Введение. Общеизвестно, что липиды являются важнейшим источником энергии во время аэробных тренировок, особенно при длительной физической нагрузке низкой и средней интенсивности. В последние годы в научном сообществе возрастает интерес к исследованиям энергетического обмена и изучению роли триглицеридов. В теле человека существует множество функциональных и структурных этапов, связанных с мобилизацией, транспортировкой и процессом окисления жирных кислот в мышцах во время физической нагрузки. Предполагается, что новые данные позволят определить механизм существенного влияния на термогенез в жировой ткани и применять новые методики в трени-

ровочном процессе, с учетом влияния на расход энергии во время тренировочного и соревновательного процессов [4, 11, 12]. По мнению ряда авторов, целесообразно применять новые подходы к оценке уровня подготовленности спортсменов, используя такой критерий, как выраженность специфических реакций организма в системе энергообеспечения в ответ на стандартную неспецифическую физическую нагрузку, позволяющую определить уровень подготовленности спортсмена к работе в том или ином биоэнергетическом режиме [3, 7].

Многими российскими и зарубежными учеными в рассматриваемой области изучается использование триглицеридов в качестве потенциального средства повышения физиче-

ской выносливости [8–10]. Проведенные исследования подтверждают, что уровень триглицеридов у спортсменов, представляющих циклические виды спорта, значительно выше по сравнению с представителями скоростно-силовых или сложно-координационных видов спорта [1, 2]. В то же время есть ряд исследований, в которых выявлено, что систематические интенсивные физические нагрузки не оказывают значительного влияния на уровень триглицеридов [5, 6].

Целью данного исследования стал анализ уровня триглицеридов у высококвалифицированных конькобежцев в ответ на длительную аэробную физическую нагрузку в условиях среднегорья в подготовительном периоде.

Материалы и методы исследования. Исследование проводилось в августе 2023 года во время тренировочного сбора в условиях среднегорья (Домбай, Карачаево-Черкесская Республика) на высоте 1500–1700 метров над уровнем моря. Выборку составили 13 спортсменов (мужчины и женщины) 19–25 лет (в первой группе – 7 спортсменов, во второй группе – 6 спортсменов), входящих в состав сборной России по конькобежному спорту, имеющих спортивное звание мастера спорта, мастера спорта международного класса. Все участники исследования были проинформированы о целях исследования, методиках тестирования, противопоказаниях и возможных осложнениях перед тем, как у них было получено письменное информированное согласие на участие в исследовании с дальнейшим опубликованием полученных данных. На момент проведения исследования все спортсмены имели медицинский допуск к тренировочной и соревновательной деятельности.

Забор биоматериала производился в течение равномерной длительной велотренировки в три этапа: у первой группы – на 45-й минуте, на 80-й минуте, спустя 40 минут после завершения тренировки; у второй группы – на 45-й минуте, на 130-й минуте, сразу после завершения тренировки. Темп педалирования каждого спортсмена ограничивался повышением его уровня лактата до анаэробного порога, а также контролем со стороны тренерского штаба.

Для проверки статистической значимости полученных данных применялся t-критерий Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение. В таблице представлены значения показателей уровня лактата и триглицеридов в течение тренировки у спортсменов первой и второй групп. Анализируя полученные результаты на 45-й минуте тренировки, можно отметить, что повышение уровня лактата свидетельствует о работе спортсменов близком к уровню ПАНУ, при этом просматривается устойчивое повышение уровня липидов для энергетического обеспечения работы. Стоит отметить, на первом этапе в обеих группах по показателю «уровень лактата» различия оказались не достоверными ($t = -0,891$ при $p = 0,392$), по показателю «уровень триглицеридов» – достоверными ($t = 2,594$ при $p = 0,037$).

На втором этапе забора крови у первой группы на 80-й минуте тренировки уровень липидов и лактата повысился незначительно, демонстрируя схожесть показателей и, как следствие, условий протекания энергетического обмена в организме конькобежцев. Поскольку у второй группы время работы увеличилось почти в три раза, наблюдается увеличение уровня лактата в крови практически до уровня ПАНУ, что свидетельствует о достаточно высокой степени утомления и сложности поддержания работы на уровне липидного энергообеспечения, при этом показатели концентрации жиров свидетельствуют о максимальном вовлечении этого субстрата в энергетическое обеспечение выполняемой работы.

На третьем этапе, по нашим предположениям, падение уровня концентрации липидов в крови сразу после окончания физической нагрузки свидетельствует о сложности эвакуации жиров из глубинных резервных депо для восстановительных реакций. Иная картина просматривается спустя 40 минут после завершения тренировки. В условиях восстановления можно наблюдать значительное повышение уровня липидов, необходимое для пополнения срочных энергетических (липидных и углеводных) резервов, а также для обеспечения протекания процессов компенсации затраченных ресурсов и функций.

Заключение. Под влиянием молочной кислоты в некоторых случаях усиливается реутилизация триглицеридов, и поэтому выход их в кровь может даже уменьшаться. Соответственно, сохраняются дополнительные резервы мобилизации липидного обмена. В иных случаях утилизация триглицеридов во

Показатели уровня лактата и триглицеридов в течение тренировки
Lactate and triglyceride levels during training

Этап забора биоматериала Specimen collection stages		Первая группа Group 1 ($\bar{X} \pm \sigma$)	Вторая группа Group 2 ($\bar{X} \pm \sigma$)
45 минут 45 minutes	Лактат, ммоль/л Lactate, mmol/L	1,47 ± 0,31	1,31 ± 0,29
	Триглицериды, ммоль/л Triglycerides, mmol/L	1,42 ± 0,10	1,61 ± 0,17
80 минут 80 minutes	Лактат, ммоль/л Lactate, mmol/L	1,40 ± 0,07	–
	Триглицериды, ммоль/л Triglycerides, mmol/L	1,56 ± 0,06	–
130 минут 130 minutes	Лактат, ммоль/л Lactate, mmol/L	–	1,93 ± 0,50
	Триглицериды, ммоль/л Triglycerides, mmol/L	–	1,66 ± 0,16
Δ	Лактат, ммоль/л Lactate, mmol/L	–0,07	0,63
	Триглицериды, ммоль/л Triglycerides, mmol/L	0,14	0,05
Δ %	Триглицериды, ммоль/л Triglycerides, mmol/L	110	103
Сразу после завершения тренировки Post-exercise	Триглицериды, ммоль/л Triglycerides, mmol/L	–	1,74 ± 0,07
Спустя 40 минут после завершения тренировки 40 minutes post-exercise	Триглицериды, ммоль/л Triglycerides, mmol/L	1,53 ± 0,20	–
Δ	Триглицериды, ммоль/л Triglycerides, mmol/L	0,11	0,13
Δ %	Триглицериды, ммоль/л Triglycerides, mmol/L	108	108

Примечание. \bar{X} – среднее арифметическое, σ – среднее квадратическое отклонение, Δ – дельта (ус. ед.), Δ % – дельта (%).

Note. \bar{X} – arithmetic mean, σ – standard deviation, Δ – delta (units), Δ % – delta (%).

время длительной физической нагрузки в аэробном режиме усиливается при отсутствии значительного накопления лактата в крови спортсмена. Утилизация липидов в качестве субстрата окисления наиболее целесообразна в том случае, если есть значительный расход энергии во время физической активности умеренной интенсивности и кислородный запрос не превышает уровень анаэробного порога.

В целом можно констатировать, что изменение уровня концентрации триглицеридов

в крови во время работы аэробной направленности в условиях среднегорья отвечает логике энергетического обмена и полностью обеспечивает возможность её выполнения. Исследование динамики показателей уровня триглицеридов у высококвалифицированных конькобежцев позволяет предположить, что в течение тренировки в обеих группах наблюдалась разнонаправленная динамика уровня триглицеридов, скорость их включения зависит от индивидуальных особенностей организма каждого спортсмена.

Список литературы

1. Василенко, В.С. Липиды крови у спортсменов в зависимости от направленности спортивно-го процесса / В.С. Василенко, Е.С. Семенова, Ю.Б. Семенова // Педиатр. – 2017. – № 2. – С. 10–14.
2. Даутова, А.З. Уровень липидов в крови мужчин-спортсменов в зависимости от спортивной специализации / А.З. Даутова, В.Г. Шамратова // Наука и спорт: современные тенденции. – 2021. – № 3 (9). – С. 6–14. DOI: 10.36028/2308-8826-2021-9-3-6-14

3. Изменения биохимических показателей сыворотки крови у подростков женского пола при занятиях спортом / А.А. Чиркин, М.С. Алтани, Н.А. Степанова, А.А. Чиркина // *Лабораторная диагностика. Восточная Европа*. – 2022. – № 3 (11). – С. 268–278. DOI: 10.34883/PI.2022.11.3.002
4. Опарина, О.Н. Влияние физической активности на особенности липидного обмена у спортсменов / О.Н. Опарина, Ю.В. Тома, Е.В. Дворянинова // *Международ. науч. журнал*. – 2020. – № 5 (95). – С. 173–175. DOI: 10.23670/IRJ.2020.95.5.032
5. Определение референтных интервалов биохимических показателей крови с учетом вида спорта при выполнении тренировочных нагрузок различной направленности / И.Л. Гилеп, А.Н. Будко, С.О. Гаврилова и др. // *Прикладная спортивная наука*. – 2021. – № 1 (13). – С. 28–36.
6. Сравнение липидного спектра профессиональных хоккеистов с данными соответствующей возрастной группы общей популяции / Н.В. Поленова, А.Д. Деев, Е.Н. Ливанцова и др. // *Профилактик. медицина*. – 2021. – № 10 (24). – С. 61–69.
7. Суздальницкий, Р.С. Специфические изменения в метаболизме спортсменов, тренирующихся в разных биоэнергетических режимах, в ответ на стандартную физическую нагрузку / Р.С. Суздальницкий, И.В. Меньшиков, Е.А. Модера // *Теория и практика физ. культуры и спорта*. – 2000. – № 3. – <http://lib.sportedu.ru/Press/TPFK/2000n3/p16-20.htm> (дата обращения: 10.10.2023).
8. Фатьянов, И.А. Проблема формирования специфического профиля энергообеспечения при подготовке к марафонской дистанции / И.А. Фатьянов // *Соврем. проблемы науки и образования*. – 2013. – № 6. – <https://science-education.ru/ru/article/view?id=11455> (дата обращения: 11.10.2023).
9. Effect of carbohydrate or carbohydrate plus medium-chain triglyceride ingestion on cycling time trial performance / D.J. Angus, M. Hargreaves, J. Dancy, M.A. Febbraio // *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*. – 2000. – № 1 (88). – С. 113–119. DOI: 10.1152/jappl.2000.88.1.113
10. Johnson, N.A. Muscle triglyceride and glycogen in endurance exercise / N.A. Johnson, S.R. Stannard, M.W. Thompson // *Sports Med.* – 2004. – № 3 (34). – С. 151–164. DOI: 10.2165/00007256-200434030-00002
11. The Regulation of Fat Metabolism During Aerobic Exercise / A. Muscella, E. Stefàno, P. Lunetti et al. // *Biomolecules*. – 2020. – № 10 (12). – С. 32. DOI: 10.3390/biom10121699
12. Triglyceride cycling enables modification of stored fatty acids / K. Wunderling, J. Zurkovic, F. Zink et al. // *Nat Metab.* – 2023. – № 5. – С. 699–709. DOI: 10.1038/s42255-023-00769-z

References

1. Vasilenko V.S., Semenova E.S., Semenova Yu.B. [Blood Lipids in Athletes Depending on the Direction of the Sports Process]. *Pediatr [Pediatrician]*, 2017, no. 2, pp. 10–14. (in Russ.) DOI: 10.17816/PED8210-14
2. Dautova A.Z., Shamratova V.G. [Level of Lipids in the Blood of Male Athletes Depending on Sports Specialization]. *Nauka i sport: sovremennye tendencii [Science and Sports. Modern Trends]*, 2021, no. 3 (9), pp. 6–14. (in Russ.) DOI: 10.36028/2308-8826-2021-9-3-6-14
3. Chirkin A.A., Altani M.S., Stepanova N.A., Chirkina A.A. [Changes in Biochemical Parameters of Blood Serum in Female Adolescents During Sports Activities]. *Laboratornaya diagnostika. Vostochnaya Evropa [Laboratory Diagnostics. Eastern Europe]*, 2022, no. 3 (11), pp. 268–278. (in Russ.) DOI: 10.34883/PI.2022.11.3.002
4. Oparina O.N., Toma Yu.V., Dvoryaninova E.V. [The Influence of Physical Activity on the Characteristics of Lipid Metabolism in Athletes]. *Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal [International Scientific Journal]*, 2020, no. 5 (95), pp. 173–175. (in Russ.) DOI: 10.23670/IRJ.2020.95.5.032
5. Gilep I.L., Budko A.N., Gavrilova S.O. et al. [Determination of Reference Intervals of Biochemical Blood Parameters Taking into Account the Type of Sport when Performing Training Loads of Various Types]. *Prikladnaya sportivnaya nauka [Applied Sports Science]*, 2021, no. 1 (13), pp. 28–36. (in Russ.)
6. Polenova N.V., Deev A.D., Livantsova E.N. et al. [Comparison of Lipid Spectrum in Professional Hockey Players and in the General Population of Matching Age Group]. *Profilakticheskaya Meditsina [Preventive Medicine]*, 2021, vol. 24, no. 10, pp. 61–69. (in Russ.) DOI: 10.17116/profmed 20212410161
7. Suzdalnitsky R.S., Menshikov I.V., Modera E.A. [Specific Changes in the Metabolism of Athletes Training in Different Bioenergetic Regimes in Response to Standard Physical Activity]. *Teoriya i*

praktika fizicheskoy kul'tury [Theory and Practice of Physical Culture], 2020, no. 3. (in Russ.) Available at: <http://lib.sportedu.ru/Press/TPFK/2000n3/p16-20.htmpp> (accessed 10.10.2023).

8. Fatyanov I.A. [The Problem of Forming a Specific Energy Supply Profile when Preparing for a Marathon Distance]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education], 2013, no. 6. (in Russ.) Available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=11455> (accessed 11.10.2023).

9. Angus D.J., Hargreaves M., Dancy J., Febbraio M.A. Effect of Carbohydrate or Carbohydrate Plus Medium-chain Triglyceride Ingestion on Cycling Time Trial Performance. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*, 2000, no. 1 (88), pp. 113–119. DOI: 10.1152/jappl.2000.88.1.113

10. Johnson N.A., Stannard S.R., Thompson M.W. Muscle Triglyceride and Glycogen in Endurance Exercise. *Sports Medicine*, 2004, no. 3 (34), pp. 151–164. DOI: 10.2165/00007256-200434030-00002

11. Muscella A., Stefano E., Lunetti P. et al. The Regulation of Fat Metabolism During Aerobic Exercise. *Biomolecules*, 2020, no. 10 (12), p. 32. DOI: 10.3390/biom10121699

12. Wunderling K., Zurkovic J., Zink F. et al. Triglyceride Cycling Enables Modification of Stored Fatty Acids. *Nat Metab*, 2023, no. 5, pp. 699–709. DOI: 10.1038/s42255-023-00769-z

Информация об авторах

Загородникова Анастасия Юрьевна, старший преподаватель кафедры спортивных дисциплин и методики их преподавания, Московский педагогический государственный университет, Москва, Россия.

Марьин Игорь Сергеевич, кандидат педагогических наук, доцент кафедры спортивных дисциплин и методики их преподавания, заместитель директора по учебной работе института физической культуры, спорта и здоровья, Московский педагогический государственный университет, Москва, Россия.

Ватамановская Екатерина Борисовна, старший преподаватель кафедры физического воспитания и спорта, Московский педагогический государственный университет, Москва, Россия.

Жалилов Александр Викторович, кандидат педагогических наук, доцент кафедры физической культуры, спорта и здорового образа жизни, Российский государственный социальный университет, Москва, Россия.

Еремин Максим Викторович, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры физической культуры, спорта и здорового образа жизни, Российский государственный социальный университет, Москва, Россия.

Information about the authors

Anastasia Yu. Zagorodnikova, Senior Lecturer, Department of Sport Disciplines and Teaching Methods, Moscow Pedagogical State University, Moscow, Russia.

Igor S. Marin, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Sport Disciplines and Teaching Methods, Deputy Director for Academic Affairs of the Institute of Physical Education, Sport and Health, Moscow Pedagogical State University, Moscow, Russia.

Ekaterina B. Vatamanovskaya, Senior Lecturer, Department of Physical Training and Sport, Moscow Pedagogical State University, Moscow, Russia.

Alexander V. Zhalilov, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Culture, Sports and Healthy Lifestyle, Russian State Social University, Moscow, Russia.

Maxim V. Eremin, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physical Culture, Sports and Healthy Lifestyle, Russian State Social University, Moscow, Russia.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests

Статья поступила в редакцию 03.10.2023

The article was submitted 03.10.2023