

СОПРЯЖЕНИЕ ОБЩИХ ЛИПИДОВ ПЛАЗМЫ КРОВИ И ЖИРОВОГО КОМПОНЕНТА В ОРГАНИЗМЕ ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ГОДОВОГО ТРЕНИРОВОЧНОГО ЦИКЛА



ЛЮДИНИНА

Александра Юрьевна

ФГБУН Институт физиологии Коми научного центра УрО РАН
Старший научный сотрудник группы метаболизма человека, отдела экологической и медицинской физиологии, кандидат биологических наук, e-mail: salu_06@inbox.ru

LYUDININA Alexandra

Ph.D. (Biology), Scientist of the

Department of Ecological and Medical Physiology of Institute of Physiology of RAS Ural Branch

БОЙКО

Евгений Рафаилович

ФГБУН Институт физиологии Коми научного центра УрО РАН
Директор института, заведующий отделом экологической и медицинской физиологии, доктор медицинских наук, профессор

BOYKO Evgeny

M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Director of the Institute, Head of the Department of Ecological and Medical Physiology of Institute of Physiology of RAS Ural Branch

Ключевые слова: содержание жира, общие липиды крови, лыжники-гонщики, обще-, специально-подготовительный и соревновательный периоды, спортивное мастерство.

Аннотация. Целью данного исследования было изучение взаимосвязи содержания жира в организме спортсменов с уровнем общих липидов в плазме крови в условиях тренировочного и соревновательного циклов. Обследованы лыжники-гонщики – члены сборной команды Республики Коми – (33 юноши, средний возраст – 18,5±3,5 лет; масса тела – 68,1±5,5 кг; ИМТ – 22,2±1,3 кг/м², содержание жира – 10,2±3,3%). Результаты этой работы свидетельствуют о сопряжении содержания жира в организме лыжников и концентрации общих липидов в плазме крови в общеподготовительный период ($r=0,564$; $p=0,023$). Анализ уровня спортивного мастерства выявил обратную связь между жировым компонентом и общими липидами крови у спортсменов, свидетельствуя о повышенной утилизации жира у более подготовленных спортсменов. Динамика общих липидов плазмы крови у лыжников в тренировочном цикле аналогична изменениям содержания жира: повышение их уровня приходилось на сентябрь относительно июня и далее отмечалось снижение показателей к январю. На более коротких дистанциях (5 км) у спортсменов скорость окисления липидов ниже, а их мобилизация выше, чем на длинных дистанциях (15 км). Результаты данной работы могут быть востребованы в качестве маркеров энергообеспечения высокой работоспособности лыжников-гонщиков при мониторинговании тренировочного процесса и составлении программ питания.

PAIR OF TOTAL LIPIDS OF BLOOD PLASMA AND FAT COMPONENT IN THE BODY OF SKIERS AT DIFFERENT STAGES OF THE ANNUAL TRAINING CYCLE

Keywords: body fat, total lipids of blood, racing skier, training and competitive period, sportsmanship.

Abstract. The aim of the study was to investigate the relationship of body fat in athletes with the level of total lipids in the blood plasma in the training and competitive cycles. Thirty three healthy male athletes (age: 18,5±3,5 years; body mass: 68,1±5,5 kg; body mass index: 22,2±1,3 kg/cm², body fat: 10,2±3,3%) from the cross-country skiing

team of the Komi Republic and members of national team of Russia participated in the study. Results demonstrate conjugation body fat skiers and total lipid concentrations in blood plasma during training period ($r = 0,564$; $p = 0,023$). Analysis of the class of sportsmanship revealed an inverse relationship between fat body and total lipids in blood in athletes, indicating increased fat utilization in a more trained athletes. Dynamic of the total lipids from skiers in training cycle is similar to the change of body fat: increasing their level had in September relative to June and then pointed to the decline in January. The rate of lipid oxidation is low and their mobilization is higher at shorter distances (5 km) than on the long-range (15 km) from athletes. The results of this study may be claimed as markers of energy supply of high performance cross-country racers by monitoring the training process and the correction of diet programs.

Актуальность. Интерес к влиянию физических нагрузок на особенности липидного метаболизма у спортсменов различной специализации и уровня тренированности обусловлен изучением энергообеспечения скелетных мышц и сердца в условиях регулярных тренировок [6]. Развитие аэробной тренированности и выносливости в лыжных гонках при суб- и максимальных нагрузках у спортсменов вызывает как мобилизацию липидов, так и их окисление, что выражается в активации липолиза, повышении, в основном, триглицеридов (ТГ), уровня свободных жирных кислот (ЖК) [6, 7, 10].

Исследования спортсменов вне нагрузки выявили высокую прямую связь общих липидов (ОЛ), ТГ и холестерина в крови с жировой массой, с массой тела и индексом массы тела (ИМТ) [1, 14]. Предполагается, что уровень жировой массы, являясь одним из маркеров высокой работоспособности, отрицательно коррелирует с аэробной производительностью [2]. В тоже время, увеличение жирового компонента в организме косвенно указывает на снижение активности процессов липолиза, что, безусловно, снижает суммарный объем энергетики и ведет к снижению работоспособности и на низкую готовность организма к выполнению интенсивной и высокообъемной тренировочной работы [1, 6].

В связи с этим, **целью данной работы** было изучение взаимосвязи морфофизиологических показателей спортсменов с содержанием общих липидов в плазме крови в тренировочном и соревновательном циклах.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

1. Изучить антропометрические показатели (рост, масса, индекс массы тела) у спортсменов и соотнести их с рекомендуемыми нормами.

2. Оценить морфофункциональные показатели спортсменов относительно спортивной квалификации.

3. Отследить изменения морфофизиологических показателей и уровень общих липидов лыжников-гонщиков в течение подготовительного и соревновательного периодов.

Организация исследования. В обследовании приняли участие лыжники-гонщики в возрасте от 16 до 34 лет ($n=33$) (I разряд, КМС, МС) – члены сборной команды Республики Коми – в общеподготовительный (июнь), специально-подготовительный (сентябрь) и соревновательный (январь) периоды. Исследование осуществлено на базе отдела экологической и медицинской физиологии ИФ Коми НЦ УрО РАН и одобрено локальным комитетом по биоэтике, обследуемые дали информированное согласие на участие.

Методы исследования. ИМТ рассчитывали по формуле: масса тела (кг) / рост тела (m^2). Содержание жира в организме определяли на приборе «OMRON BF 302» (Япония). Определение общих липидов (ОЛ) в плазме крови осуществляли с использованием набора «Bio-Test» (Lachema, Brno) с рекомендуемыми нормами 4-8 г/л. Взятие венозной крови у испытуемых осуществляли в покое натощак в подготовительный (июнь, сентябрь) и соревновательный периоды (январь). Забор капиллярной крови проводили в январе непосредственно после завершения гонок (Всероссийские соревнования, классический стиль, дистанции 5 и 15 км).

Данные обработаны в программе Statistica (версия 6.0, StatSoft Inc, 2001), в тексте приведены средние арифметические величины со стандартным отклонением ($M \pm SD$). Значимость различий между показателями оценивали с помощью непараметрических критериев Манна-Уитни и Фридмана. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$. Корреляционный анализ проводили по Спирмену.

Обсуждение результатов. Антропометрические данные лыжников-гонщиков представлены в табл.1 и в целом соответствуют рекомендуемым

Таблица 1 – Морфофункциональные показатели лыжников-гонщиков в общеподготовительный период

Показатель	Лыжники I разряд, КМС (n=20)	Лыжники МС (n=13)	уровень p	Норма
Возраст, лет	16,7±1,8	22,4±3,5	0,000	17 – 23
Рост, м	1,7±0,4	1,8±0,1	0,088	1,7 – 1,8
Масса тела, кг	66,8±5,8	71,3±3,3	0,017	68,5 – 74,6
ИМТ, кг/м ²	21,9±1,4	22,4±0,8	0,117	23,0 – 22,0
Доля жира, %	10,5±3,7	9,4±1,7	0,571	9,6 – 8,4

нормам для лыжников мужского пола соответственно своей возрастной группе [1].

Представленные нами результаты совпадают с данными других исследователей. Согласно ранее проведенным исследованиям [3,5,11] показатель процентного содержания жира у профессиональных беговых лыжников колеблется в пределах от 4,8 до 12,7%, в среднем составляя 8,4±1,4% [1]. Это связано с тем, что регулярная физическая активность у спортсменов сопровождается развитием, прежде всего, мышечной массы. Также низкий процент жира в организме указывает на более высокую активность процессов липолиза. Уменьшение содержания жира, соотношенное с повышением мышечной массы в теле у спортсменов, приводит к уменьшению массы тела, что необходимо для увеличения скорости, для более быстрого изменения направления движения и в целом повышения работоспособности [1].

Средняя концентрация ОЛ в плазме крови лыжников-гонщиков в общеподготовительный период составила 3,6±0,9 г/л, что было ниже рекомендуемой нормы. Это, возможно, связано с востребованностью ОЛ в процессе энергообеспечения длительных и интенсивных физических нагрузок у спортсменов [13]. При физической нагрузке с мощностью работы 65% от максимального потребления кислорода (МПК) периферический липолиз, и липолиз внутримышечных ТГ имеют место в равной степени и в целом окисление жира максимально [9]. Так, при изучении образцов биопсии мышечной ткани спортсменов во время нагрузки высокой интенсивности показано снижение уровня внутримышечных липидов, и сделан вывод, что такие тренировки организма высоко зависят от окисления внутримышечных липидов [8].

Нами установлена положительная корреляция между процентом жира в организме лыжников и содержанием ОЛ в плазме крови в общеподготовительный период ($r=0,5635$; $p=0,0230$),

которая подтверждает известный факт, что пул липидов плазмы крови пополняется за счет липолиза жировых депо. В тоже время, анализ уровня спортивного мастерства выявил обратную тенденцию взаимосвязи у высококвалифицированных спортсменов. Величина жирового компонента в организме спортсменов с квалификацией МС составила 9,4±1,7%, а у КМС – 10,5±3,7% ($p=0.252$). При этом, низкий процент жира в организме отражался в более высоком уровне ОЛ у наиболее тренированных лыжников и составил – 3,7±0,8 г/л, а у КМС – 3,4±0,9 г/л ($p=0.056$), свидетельствуя о более выраженном липолизе, у высококвалифицированных спортсменов. «Жировой сдвиг» (активизация метаболизма липидов) у тренированных на выносливость спортсменов позволяет медленнее (экономичнее) расходовать мышечный гликоген и тем самым отодвигать момент его истощения, а, следовательно, удлинять продолжительность выполнения упражнения [7, 13].

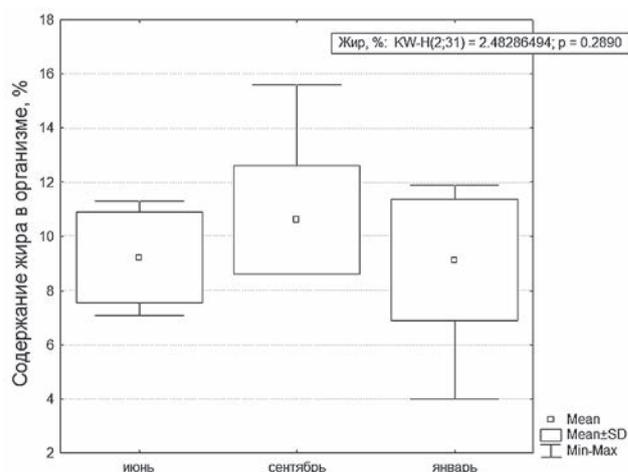


Рисунок 1 – Содержание жира в организме высококвалифицированных лыжников-гонщиков на разных этапах годового тренировочного цикла

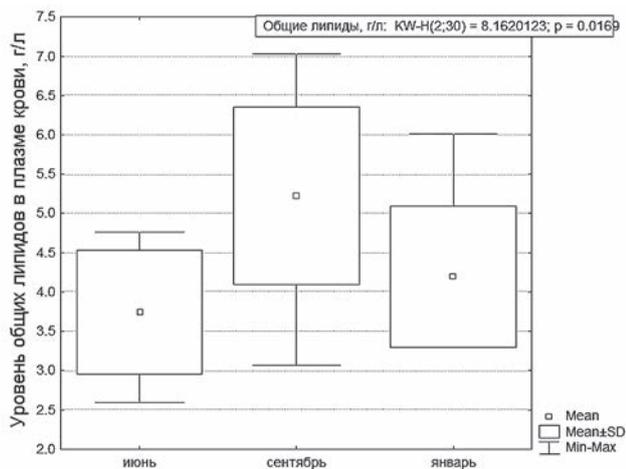


Рисунок 2 – Уровень общих липидов в плазме крови высококвалифицированных лыжников-гонщиков на разных этапах годового тренировочного цикла

Для отслеживания изменений морфофизиологических показателей лыжников-гонщиков в течение года и нивелирования возрастного фактора, была выбрана группа высококвалифицированных спортсменов. У данных лыжников-гонщиков динамика ОЛ плазмы крови в тренировочном цикле была аналогична изменениям в содержании жира в организме: повышение их содержания приходилось на сентябрь относительно июня и далее отмечалось снижение их уровня к январю (Рисунок 1). Процентное содержание жира в июне составило $9,2 \pm 1,7\%$ у лыжников с квалификацией МС, в сентябре $10,4 \pm 2,7\%$ и в январе отмечалось снижение показателя до значений – $9,1 \pm 2,2\%$ ($p=0.289$)

Динамика ОЛ в плазме крови спортсменов была аналогична изменениям в содержании жира: значимое повышение на 35% приходилось на сентябрь относительно июня и далее отмечали их уменьшение до 4,2 г/л к январю (Рисунок 2) ($p=0.017$).

Анализ уровня липидов плазмы крови спортсменов на этапе соревновательной деятельности выявил увеличение концентрации ОЛ после гонок относительно до стартового уровня (Рисунок 3). В соревновательный период фоновый уровень ОЛ в крови составил 4,2 г/л, что соответствовало рекомендуемой норме (от 4 до 8 г/л).

У лыжников-гонщиков после прохождения дистанций разной длины выявили значимое увеличение уровня ОЛ плазмы крови ($p<0,01$). При этом установлено, что в соревнованиях на короткую дистанцию (5 км) уровень ОЛ у обследуемых

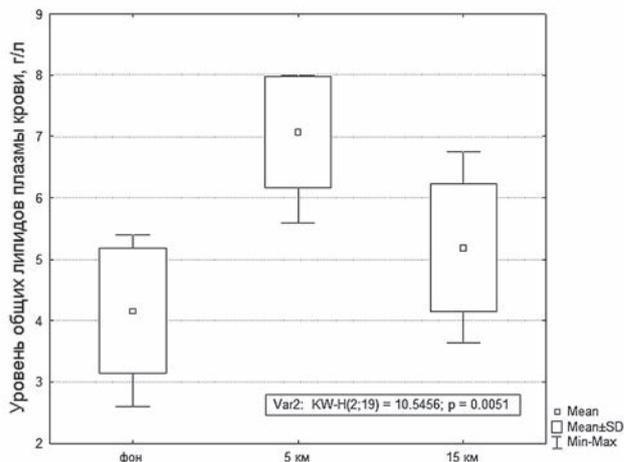


Рисунок 3 – Уровень общих липидов плазмы крови лыжников-гонщиков в соревновательный период

был более высокий и составил 7,1 г/л, а на более длинную дистанцию (15 км) показатель несколько ниже – 5,2 г/л.

Во время соревнований организм спортсменов испытывает нагрузки максимальной интенсивности, сопровождающиеся предельной мобилизацией ресурсов аэробно-анаэробного обмена. Результаты большинства проведенных исследований элитных лыжников и биатлонистов национальных команд в годичном цикле тренировок и соревнований, свидетельствуют об увеличении концентрации глюкозы, креатинкиназы, мочевой кислоты в крови [12], среднепочечных ЖК [4], а также подтверждаются данными об увеличении гормонов стресса (кортизол, адреналин, норадреналин и гормона роста) [13], вызывающих мобилизацию липидов. Причем, на более коротких дистанциях у лыжников-гонщиков отмечено наиболее значимое повышение катехоламинов, что связано с повышением энергозатрат при выполнении интенсивной работы и с высокой психической напряженностью [12].

Использование субстратов окисления во время соревнований зависит в значительной степени от продолжительности гонки, а также от питания перед гонкой [6, 7]. На более коротких дистанциях у спортсменов скорость окисления жиров ниже, чем на длинных дистанциях а, следовательно, и уровень ОЛ в плазме крови будет выше. Во время 50-километровой гонки доля окисления жиров в среднем составляет 50-60%, но она значительно меняется во время гонки [7]. В условиях физической нагрузки с мощностью работы 65% от



МПК периферический липолиз и липолиз внутримышечных ТГ имеют место в равной степени и в целом окисление жира максимально. При увеличении интенсивности физической активности до 85% от МПК окисление жира уменьшается, причиной чему является, вероятно, увеличение концентрации катехоламинов в крови, которые стимулируют гликогенолиз и использование глюкозы, что, в свою очередь, увеличивает концентрацию лактата в крови и подавляет скорость липолиза [9].

Таким образом, результаты этой работы свидетельствуют о сопряжении содержания жира в организме лыжников и уровня общих липидов в плазме крови. Данные показатели у спортсменов претерпевают значимые изменения в годовом тренировочном цикле и в ходе соревновательной деятельности. Анализ уровня спортивного мастерства лыжников выявил обратную связь между содержанием жира и общими липидами крови у более высококвалифицированных спортсменов, свидетельствуя о повышенной утилизации жира у более подготовленных спортсменов.

Литература

1. Абрамова, Т. Ф. Лабильные компоненты массы тела – критерии общей физической подготовленности и контроля текущей и долговременной адаптации к тренировочным нагрузкам / Т. Ф. Абрамова, Т. М. Никитина, Н. И. Кочеткова // Методические рекомендации. – М. : ООО «Скайпринт», 2013. – 132 с.
2. Жучкова, И. Н. Конституционально-типологические модельные характеристики ведущих

легкоатлетов-юниоров / И. Н. Жучкова // Спортивная медицина. – 2015. – №4. – С. 5-9.

3. Исаев, А. П. Полифункциональная и метаболическая оценка организма лыжников-гонщиков высокой и высшей квалификации – участников чемпионата России / А. П. Исаев, А. А. Кравченко и др. // Вестник ЮУрГУ. – 2012. – №28. – С. 27-31.

4. Людина, А. Ю. Среднецепочечные жирные кислоты в обеспечении физических нагрузок разной интенсивности у лыжников-гонщиков / А. Ю. Людина, Е. Р. Бойко // Спортивная медицина: наука и практика. – 2015. – №4. – С. 21-25.

5. Михайловский, С. П. Взаимосвязь морфологических параметров лыжников-гонщиков со спортивным результатом в спринте / С. П. Михайловский // Научно-теоретический журнал «Ученые записки». – 2009. – №8(54). – С.89-92.

6. Швеллнус, М. Олимпийское руководство по спортивной медицине. – М. : «Практика», 2011. – 672 с.

7. Handbook of Sports Medicine and Science Cross Country Skiing / Heikki Rusko // KIHUa Research Institute for Olympic Sports 40700 Jyväskylä: Finland, 2003. – P. 1-9.

8. Hurley, B. F. Muscle triglyceride utilization during exercise: effect of training / B. F. Hurley, P. M. Nemeth, W. H. Martin, J. M. Hagberg, G. P. Dalsky, J. O. Holloszy // J. Appl. Physiol. – 1986. – Vol. 60. – P. 562-567.

9. Kiens, B., Helge, W. J. Adaptation to a High Fat Diet // Nutrition in Sport / Maughan R. M. (Ed). – Blackwell Science Ltd. – 2000. – P. 192-202.

10. Lippi, G. Comparison of the lipid profile and lipoprotein(a) between sedentary and highly trained subjects / G. Lippi, F. Schena, G. L. Salvagno, M. Montagnana, F. Ballestrieri, G. C. Guidi // Clin. Chem. Lab. Med. – 2006. – № 44(3). – P. 322-326.

11. Orvanová, E. Physical structure of winter sports athletes / E. Orvanová // *Journal of Sports Sciences*. – 1987. – № 5. – P. 197-248.

12. Ronsen, O. Immuno-endocrine and metabolic responses to long distance ski racing in world-class male and female cross-country skiers / O. Ronsen, E. Børsheim, R. Bahr, B.K. Pedersen, E. Haug, J. Kjeldsen-Kragh, A.T. Høstmark // *Scand J Med Sci Sports*. – 2004. – №14 (1). – P.39-48.

13. Spriet, L. L. Regulatory mechanisms in the interaction between carbohydrate and lipid oxidation during exercise / L.L. Spriet, M.J. Watt // *Acta Physiol Scand*. – 2003. – № 178. – P. 443–452.

14. Stelzer, I. Ultra-endurance exercise induces stress and inflammation and affects circulating hematopoietic progenitor cell function / I. Stelzer, L.M. Kröpfl, R. Fuchs et al. // *Scand J Med Sci Sports*. – 2015. – Vol. 25(5). – P. 448-450.

Literature

1. Abramova, T. F. the Labile components of body weight are the criteria for General physical preparedness and control of current and long-term adaptation to training loads / Abramova T. F., Nikitina T. M., N. I. Kochetkova // *Methodical recommendations*. – M. : ООО «Skyprint», 2013. – 132 p.

2. Zhuchkov, I. N. Constitutional-typological model characteristics leading athletes-juniors / I. N. Zhuchkov // *Sports medicine*. – 2015. – No. 4. – pp. 5-9.

3. Isaev, AP Multifunctional and metabolic assessment body skiers high and higher qualification – members of the Russian championship / AP Isaev, AA Kravchenko et al. / *Bulletin of SUSU*. – 2012. – No. 28. – pp. 27-31.

4. Luginin, A. J. Medium-chain fatty acids in the physical loads of different intensity of skiers / Ludivina A. Yu., Boiko, E. R. // *Sports medicine: science and practice*. – 2015. – No. 4. – pp. 21-25.

5. Mikhailovsky, S. P. the Relationship of the morphological parameters of athletes with sports results in sprint / S. P.

Michael // *Scientific-theoretical journal «scientific notes»*. – 2009. – №8(54). – pp. 89-92.

6. Svelnus, M. Olympic manual of sports medicine. – M. : «The Practice», 2011. – 672 p.

7. Handbook of Sports Medicine and Science Cross Country Skiing / Heikki Rusko // KIHUa Research Institute for Olympic Sports 40700 Jyväskylä: Finland, 2003. – pp. 1-9.

8. Hurley, B. F. Muscle triglyceride utilization during exercise: effect of training / B. F. Hurley, P. M. Nemeth, W. H. Martin, J. M. Hagberg, G. P. Dalsky, J. O. Holloszy // *J. Appl. Physiol*. – 1986. – Vol. 60. – pp. 562–567.

9. Kiens, B., Helge, W. J. Adaptation to a High Fat Diet // *Nutrition*

in Sport / Maughan R. M. (Ed). – Blackwell Science Ltd. – 2000. – pp. 192-202.

10. Lippi, G. Comparison of the lipid profile and lipoprotein(a) between sedentary and highly trained subjects / G. Lippi, F. Schena, G. L. Salvagno, M. Montagnana, F. Ballestrieri, G. C. Guidi // *Clin. Chem. Lab. Med*. – 2006. – № 44(3). – pp. 322-326.

11. Orvanová, E. Physical structure of winter sports athletes / E. Orvanová // *Journal of Sports Sciences*. – 1987. – № 5. – P. 197-248.

12. Ronsen, O. Immuno-endocrine and metabolic responses to long distance ski racing in world-class male and female cross-country skiers / O. Ronsen, E. Børsheim, R. Bahr, B.K. Pedersen, E. Haug, J. Kjeldsen-Kragh, A.T. Høstmark // *Scand J Med Sci Sports*. – 2004. – №14 (1). – P.39-48.

13. Spriet, L. L. Regulatory mechanisms in the interaction between carbohydrate and lipid oxidation during exercise / L.L. Spriet, M.J. Watt // *Acta Physiol Scand*. – 2003. – № 178. – P. 443–452.

14. Stelzer, I. Ultra-endurance exercise induces stress and inflammation and affects circulating hematopoietic progenitor cell function / I. Stelzer, L.M. Kröpfl, R. Fuchs et al. // *Scand J Med Sci Sports*. – 2015. – Vol. 25(5). – P. 448-450.

