

## ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Оригинальная научная статья

УДК 612.123: 797.12

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-106-112>**Изучение показателей липидного обмена у спортсменов-гребцов при разной интенсивности физической нагрузки****Ольга Николаевна Никифорова, Эдуард Васильевич Маркин**

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

**Автор, ответственный за переписку:** Ольга Николаевна Никифорова, [nikiforova@rgau-msha.ru](mailto:nikiforova@rgau-msha.ru)**Аннотация**

Обеспечение спортивной подготовки в циклических видах спорта с преимущественным проявлением выносливости, в том числе в академической гребле, связана с процессами адаптации к работе в течение 1-1,5 ч. Источниками энергии при длительной интенсивной работе является не только гликоген мышц, но и жиры и жироподобные вещества. В связи с этим изучали процессы перестройки и адаптации организма спортсменов-гребцов к разной по интенсивности физической нагрузке по показателям липидного обмена. В исследовании принимали участие 15 спортсменов (мужчин) в возрасте от 18 лет до 21 года, имеющие спортивную квалификацию «Кандидат в мастера спорта по академической гребле». Были исследованы основные фракции липидного спектра: фосфолипиды, свободный холестерин, неэтерифицированные жирные кислоты, моно-, ди-, триацилглицерины, эфиры холестерина, а также спектр фракции липопротеидов: хиломикроны, пре-β-липопротеиды, ремнанты, β-липопротеиды, α-липопротеиды, комплекс неэтерифицированных жирных кислот с альбумином. Проведенные исследования показали, что из основных фракций липидного спектра концентрация комплекса неэтерифицированных жирных кислот была выше нормы на 22,6% при 7-минутной работе и на 49,6% при 60-минутной работе, то есть было зафиксировано хорошее функционирование важной в энергообмене транспортной формы для свободных жирных кислот. Отмечалось повышение фосфолипидов на 12,8% при 7-минутной работе и на 17,6% при 60-минутной работе. Также было отмечено повышение свободного холестерина на 25,3% при 7-минутной работе и на 36,8% при 60-минутной работе. Содержание НЭЖК до выполнения тестовых нагрузок соответствовало норме (более 0,45 г/л), но при 7-минутной нагрузке увеличивалось на 49,1% ( $p \leq 0,05$ ). При 60-минутной работе это увеличение сглаживалось, уменьшаясь на 17,7% ( $p \leq 0,05$ ) по сравнению с 7-минутной работой, но оставаясь выше начального показателя на 22,6% ( $p \leq 0,05$ ). Сделано заключение о том, что неэтерифицированные жирные кислоты вносят важный вклад в снабжение липидов для окисления во время физической нагрузки, развивающей выносливость.

**Ключевые слова**

липопротеиды, источники энергии, физические нагрузки, спортсмены

**Для цитирования**

Никифорова О.Н., Маркин Э.В. Изучение показателей липидного обмена у спортсменов-гребцов при разной интенсивности физической нагрузки // *Тимирязевский биологический журнал*. 2024. Т. 2, № 1. С. 106-112. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-106-112>

## HUMAN AND ANIMAL PHYSIOLOGY

Original article

<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-106-112>**Study of lipid metabolic indicators in rowers at different exercise intensities****Olga N. Nikiforova, Eduard V. Markin**

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

**Corresponding author:** Olga N. Nikiforova; [nikiforova@rgau-msha.ru](mailto:nikiforova@rgau-msha.ru)**Abstract**

Sports training in cyclic sports with the predominant manifestation of endurance, including rowing, is associated with processes of adaptation to the load for 1 to 1.5 hours. The sources of energy during long intensive training are not only muscle glycogen, but also fat and fat-like substances. In this connection, the authors studied the processes of restructuring

and adaptation of the organism of rowers to different intensities of physical load by lipid metabolism. The study involved 15 athletes (males) aged 18 to 21 years with the sport qualification "Candidate Master of Sports in Rowing". The main fractions of the lipid spectrum were studied: phospholipids, free cholesterol, non-esterified fatty acids, mono-, di-, triacylglycerols, cholesterol esters, as well as the spectrum of lipoprotein fractions: chylomicrons, pre- $\beta$ -lipoproteins, remnants,  $\beta$ -lipoproteins,  $\alpha$ -lipoproteins, a complex of non-esterified fatty acids with albumin. The studies showed that among the main fractions of the lipid spectrum, the concentration of the non-esterified fatty acid complex was higher than normal by 22.6% after the 7-minute exercise and by 49.6% after the 60-minute exercise, i.e. good functioning of the transport form for free fatty acids, which is important for energy exchange, was recorded. There was a 12.8% increase in phospholipids after the 7-minute exercise and a 17.6% increase after the 60-minute exercise. There was also a 25.3% increase in free cholesterol after the 7-minute exercise and a 36.8% increase after the 60-minute exercise. Unesterified fatty acid content was normal (greater than 0.45 g/l) before the test exercise, but increased by 49.1% ( $p < 0.05$ ) after the 7-minute exercise. At the 60-minute exercise, this increase flattened and decreased by 17.7% ( $p < 0.05$ ) compared to the 7-minute exercise, but remained 22.6% ( $p < 0.05$ ) above the initial value. It is concluded that non-esterified fatty acids make an important contribution to the supply of lipids for oxidation during endurance exercise.

### Key words

lipoproteins, energy sources, physical activity, athletes

### For citation

Nikiforova O.N., Markin E.V. Study of lipid metabolic indicators in rowers at different exercise intensities. *Timiryazev Biological Journal*. 2024;2(1):106-112. <http://dx.doi.org/10.26897/2949-4710-2024-2-1-106-112>

## Введение Introduction

Основой подготовки в видах спорта с преимущественным проявлением выносливости является выполнение большого объема тренировочных нагрузок в зонах околопредельной (субмаксимальной), умеренной и большой мощности. Длительное время противостоять утомлению и выполнять работу циклического характера, когда цикл движений повторяется, с высоким темпом на средних и длинных дистанциях развивает специальную выносливость в таких видах спорта, как бег, гребля, плавание, лыжные гонки и т.д. К таким зонам мощности относятся большая (аэробно-анаэробная, продолжительностью от 5 до 50 мин при пульсе 140-170 уд/мин) и умеренная (аэробно-развивающая продолжительностью от 50 мин до 4 ч при пульсе 120-140 уд/мин) зоны мощности. Соревновательная работа, особенно перед финишем, происходит в субмаксимальной (аэробно-гликолитической) зоне мощности продолжительностью от 30 с до 5 мин при пульсе 170-190 уд/мин. Источниками энергии при работе в большой и умеренной зонах является не только гликоген мышц и печени, но и липиды [1].

Увеличение доли жиров и жироподобных веществ в процессе энергообеспечения у спортсменов в циклических видах спорта является объективным показателем развития тренированности [2]. В имеющихся данных литературы показано положительное влияние занятий спортом на состояние липидного профиля, при котором отмечается снижение содержания атерогенных форм липопротеинов в плазме крови, что согласуется с общими представлениями об оптимизации функционирования транспортных и метаболических механизмов обеспечения двигательной

активности [3]. В то же время чрезмерные физические нагрузки могут приводить к состоянию острого физического перенапряжения и перетренированности, тем самым оказывая дезадаптивную перестройку в работе систем организма, в том числе метаболического профиля [4]. Выполнение физических нагрузок циклического характера в больших и умеренных зонах мощности зависит от поддержания необходимых биофизических свойств эритроцитарных мембран, в первую очередь – их текучести, что считается необходимым компонентом обеспечения достаточной оксигенации тканей, которая связана с липидным спектром плазмы крови [5, 6].

Таким образом, изучение показателей липидного спектра позволит получить информацию об общем состоянии энергообеспечения организма и особенности его регуляции в зависимости от характера нагрузки, выполняемой спортсменом.

Для видов спорта с преимущественным проявлением выносливости важным критерием ее развития считается выполнение работы на уровне анаэробного порога (ПАНО). Интенсивность работы на уровне ПАНО способствует установлению баланса между активностью гликолитических и окислительных ферментов в мышце и позволяет поддерживать более высокую концентрацию АТФ и КФ в клетках за счет повышения окислительных способностей митохондрий, что помогает выбирать оптимальные режимы работы. Это свидетельствует о том, что ПАНО является надежным показателем адаптации мышц к специфической работе [7, 8]. В то же время в научной литературе существуют данные о том, что у спортсменов могут повышаться уровни триглицеридов и липопротеидов в связи с усилением процесса мобилизации липидов на уровне липазной активности жировой ткани и скелетных мышц [3, 9].

Для практики представляют значительный интерес исследования изменения показателей липидного обмена при работе околопредельной (субмаксимальной), а также на границе большой и умеренной зон мощности у спортсменов в циклических видах спорта при становлении спортивного мастерства.

Исследования предполагали изучение липидного обмена у спортсменов-гребцов в условиях стандартной нагрузки (разной интенсивности), приближенной как к соревновательной, так и тренировочной на гребном тренажере. Выполнение данного теста на гребном тренажере позволяло производить забор крови специалистами без выхода на воду, где проведение данной процедуры было бы затруднительным.

**Цель исследований:** изучение динамики показателей липидного обмена во время физической нагрузки разных зон мощности у спортсменов-гребцов на этапе становления спортивного мастерства.

### Методика исследований

#### Research method

В исследованиях принимали участие 15 спортсменов-мужчин – кандидатов в мастера спорта (КМС) в возрасте 18-21 год, занимающихся академической греблей в течение 1,5-5 лет, когда наступает период становления спортивного мастерства и первых спортивных успехов. Малая выборка испытуемых обусловлена тем, что сложные условия тренировочной деятельности (отсутствие специализированных каналов, дорогостоящее оборудование) позволяют заниматься академической греблей лишь небольшому количеству молодых людей.

Все исследования проводили в весенний сезон, соответствующий окончанию подготовительного и началу соревновательного периодов годового цикла. В качестве тестовых нагрузок на гребном тренажере была выбрана работа околопредельной (субмаксимальной) мощности в течение 7 мин, продолжительность работы которой соответствовала соревновательной деятельности в данном интервале времени, и работа в умеренной зоне мощности (на уровне ПАНО) продолжительностью 60 мин, при которой проявляются процессы долгосрочной адаптации к физической нагрузке и сдвиги в энергообеспечении организма спортсмена. Нагрузка на уровне ПАНО определяет ее интенсивность при частоте сердечных сокращений 150-160 уд/мин.

Тестирование проводили в лабораторных условиях на гребном тренажере два раза с интервалом в одну неделю в соответствии с планом тренировок. Сначала проводили тестирование на гребном тренажере в течение 7 мин, через неделю – в течение 60 мин. Забор крови производили один

раз до выполнения первой тестирующей нагрузки и сразу после окончания 7-минутной и 60-минутной тестирующей нагрузки. Выполнение тестирования на гребном тренажере позволяло производить забор крови специалистами без выхода на воду, где проведение данной процедуры было бы затруднительным.

При исследовании липидного спектра сыворотки крови использовали метод хромато-масс-спектрометрии в лаборатории проблем спортивной подготовки сектора «Биохимия» ВНИИФКа [10]. Были выделены основные фракции: фосфолипиды (ФЛ), свободный холестерин (ХН), незатерифицированные жирные кислоты (НЭЖК), триацилглицерины (ТГ), эфиры холестерина (ЭХН).

Спектр липопротеидов (ЛП) определялся методом электрофореза в полиакриламидном геле, позволяющим провести прямое полуколичественное измерение холестерина в основных фракциях липопротеинов [8]. Электрофорез проводили в течение 1 ч с последующим денситометрическим измерением и пересчетом в концентрации фракций липопротеинов и субфракций с помощью программного обеспечения. Содержание липопротеидов в сыворотке крови выражали в условных единицах, соответствующих площади пиков ( $\text{мм}^2$ ) денситограммы. При этом выделялись следующие фракции ЛП: хиломикроны (ХМ), пре- $\beta$ -липопротеиды (ЛПОНП),  $\beta$ -липопротеиды (ЛПНП),  $\alpha$ -липопротеиды (ЛПВП), комплекс НЭЖК с альбумином (КНА).

Экспериментальный материал был обработан методом вариационной статистики с использованием программы MS Excel. При расчете достоверности различий выборки менее 30 спортсменов использовался критерий Вилкоксона-Манна-Уитни. Полученные показатели были представлены в виде среднего и ошибки среднего значения ( $\bar{X} \pm m$ ). Достоверность различий считалась значимой при  $p \leq 0,05$ , незначимой – при  $p \geq 0,05$ .

### Результаты и их обсуждение

#### Results and discussion

В результате проведенных исследований выявлено, что исходные показатели липидного обмена у обследованных спортсменов до проведения тестов не отличались от соответствующих значений в норме для данного возраста [3]. Компоненты обмена липидов являются важнейшими в аэробной биоэнергетике, выполняют структурную функцию в составе клеточных мембран [13]. Способность поддерживать нормальную клеточную функцию во время физической активности может повышать выносливость и спортивный результат [14].

Показатели липидного обмена сыворотки крови у спортсменов-гребцов в зависимости от интенсивности физической нагрузки представлены в таблице.

Таблица

Показатели липидного обмена сыворотки крови, г/л, у спортсменов

| Пока-затели                        | Норма   | До теста<br>I | 7-минутная<br>нагрузка<br>II | 60-минутная<br>нагрузка<br>III | Достоверность различий |            |            |
|------------------------------------|---------|---------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------|------------|------------|
|                                    |         |               |                              |                                | I-II                   | I-III      | II-III     |
| Основные фракции липидного спектра |         |               |                              |                                |                        |            |            |
| ФЛ                                 | 1,8-3,2 | 1,88±0,05     | 2,12±0,27                    | 2,21±0,21                      | 0,834≤0,05             | 1,455≤0,05 | 0,256≤0,05 |
| ХН                                 | ≤ 1,0   | 0,87±0,04     | 1,09±0,09                    | 1,19±0,04                      | 2,225≥0,05             | 1,301≥0,05 | 0,945≥0,05 |
| НЭЖК                               | ≥ 0,45  | 0,53±0,08     | 0,79±0,16                    | 0,65±0,06                      | 1,425≤0,05             | 0,063≤0,05 | 0,786≤0,05 |
| ТГ                                 | ≤2,8    | 2,22±0,35     | 2,2±0,23                     | 2,25±0,34                      | 0,011≤0,05             | 0,013≤0,05 | 0,063≤0,05 |
| ЭХН                                | 5,0-5,2 | 5,33±0,20     | 4,93±0,18                    | 4,70±0,42                      | 1,474≤0,05             | 1,328≤0,05 | 1,528≤0,05 |
| Фракции липопротеидов              |         |               |                              |                                |                        |            |            |
| ХМ                                 | следы   | 2,67±0,42     | 3,82±0,69                    | 3,21±1,10                      | 1,413≤0,05             | 0,456≤0,05 | 0,466≤0,05 |
| ЛПОНП                              | ≥0,26   | 0,72±0,36     | 0,13±0,06                    | 0,12±0,07                      | 1,607≤0,05             | 1,633≤0,05 | 0,145≤0,05 |
| ЛПНП                               | ≤3,37   | 2,81±0,63     | 4,04±0,51                    | 3,54±0,50                      | 1,513≤0,05             | 0,906≤0,05 | 0,571≤0,05 |
| ЛПВП                               | ≥4,0    | 2,22±0,96     | 3,23±10,4                    | 4,18±1,30                      | 0,705≤0,05             | 1,205≤0,05 | 0,697≤0,05 |
| КНА                                | ≤0,95   | 0,98±0,31     | 0,40±0,18                    | 0,82±0,14                      | 0,792≤0,05             | 0,493≤0,05 | 0,490≤0,05 |

Table

Indicators of serum lipid metabolism (g/l) in athletes

| Indicators                               | Standard | Before<br>the test<br>I | 7-minute<br>exercise<br>II | 60-minute<br>exercise<br>III | Significance of differences |            |            |
|------------------------------------------|----------|-------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------|------------|
|                                          |          |                         |                            |                              | I-II                        | I-III      | II-III     |
| The main fractions of the lipid spectrum |          |                         |                            |                              |                             |            |            |
| FL                                       | 1.8-3.2  | 1.88±0.05               | 2.12±0.27                  | 2.21±0.21                    | 0.834≤0.05                  | 1.455≤0.05 | 0.256≤0.05 |
| FC                                       | ≤ 1.0    | 0.87±0.04               | 1.09±0.09                  | 1.19±0.04                    | 2.225≥0.05                  | 1.301≥0.05 | 0.945≥0.05 |
| UFA                                      | ≥ 0.45   | 0.53±0.08               | 0.79±0.16                  | 0.65±0.06                    | 1.425≤0.05                  | 0.063≤0.05 | 0.786≤0.05 |
| TG                                       | ≤2.8     | 2.22±0.35               | 2.2±0.23                   | 2.25±0.34                    | 0.011≤0.05                  | 0.013≤0.05 | 0.063≤0.05 |
| CE                                       | 5.0-5.2  | 5.33±0.20               | 4.93±0.18                  | 4.70±0.42                    | 1.474≤0.05                  | 1.328≤0.05 | 1.528≤0.05 |
| Lipoprotein fractions                    |          |                         |                            |                              |                             |            |            |
| CM                                       | traces   | 2.67±0.42               | 3.82±0.69                  | 3.21±1.10                    | 1.413≤0.05                  | 0.456≤0.05 | 0.466≤0.05 |
| VLDL                                     | ≥0.26    | 0.72±0.36               | 0.13±0.06                  | 0.12±0.07                    | 1.607≤0.05                  | 1.633≤0.05 | 0.145≤0.05 |
| LDL                                      | ≤3.37    | 2.81±0.63               | 4.04±0.51                  | 3.54±0.50                    | 1.513≤0.05                  | 0.906≤0.05 | 0.571≤0.05 |
| HDL                                      | ≥4.0     | 2.22±0.96               | 3.23±10.4                  | 4.18±1.30                    | 0.705≤0.05                  | 1.205≤0.05 | 0.697≤0.05 |
| CUA                                      | ≤0.95    | 0.98±0.31               | 0.40±0.18                  | 0.82±0.14                    | 0.792≤0.05                  | 0.493≤0.05 | 0.490≤0.05 |

**Note:** Phospholipids – FL, free cholesterol – FC, unesterified fatty acids – UFA, tryacylglycerols – TG, cholesterol esters – CE, chylomicrons – CM, pre-β-lipoproteins – VLDL, β-lipoproteins – LDL, α-lipoproteins – HDL, complex of UFA with albumin – CUA

Уровень фосфолипидов, который в исходном состоянии не отличался от нормы (1,8-3,2 г/л), при 7-минутной работе околопредельной (субмаксимальной) мощности возрастал на 12,8% ( $p \leq 0,05$ ) практически у всех испытуемых. При 60-минутной работе на границе большой и умеренной зон мощности уровень фосфолипидов повышался на 17,6% ( $p \leq 0,05$ ), то есть оставался на достаточно высоком уровне при длительной работе.

Исходный уровень свободного холестерина также не отличался от нормы (менее 1,0 г/л), было отмечено повышение свободного холестерина на 25,3% ( $p \geq 0,05$ ) при 7-минутной работе и на 36,8% ( $p \geq 0,05$ ) при 60-минутной работе. Отрицательно направленная корреляция позволила предположить, что существует взаимосвязь между содержанием свободного холестерина и НЭЖК при выполнении нагрузки.

Содержание НЭЖК до выполнения тестовых нагрузок соответствовало норме (более 0,45 г/л), но при 7-минутной нагрузке увеличивалось на 49,1% ( $p \leq 0,05$ ). При 60-минутной работе (на уровне ПАНО) это увеличение сглаживалось, уменьшаясь на 17,7% ( $p \leq 0,05$ ) по сравнению с 7-минутной работой, но оставаясь выше начального показателя на 22,6% ( $p \leq 0,05$ ). Это говорит о том, что околопредельная (субмаксимальная) нагрузка у спортсменов приводила к активизации липолитических процессов и их преобладанию над процессами липосинтеза. При снижении интенсивности физической нагрузки и увеличении ее длительности эти процессы немного стабилизировались. Следовательно, незатерифицированные жирные кислоты вносят важный вклад в снабжение липидов для окисления во время физической нагрузки, развивающей выносливость.

Изменения показателя ТГ в динамике напрямую отражают аэробную производительность при выполнении мышечной работы.

Уровень ТГ у спортсменов-гребцов оставался до выполнения тестовых нагрузок незначительно ниже нормы в среднем на 20,6% ( $p \leq 0,05$ ). При всех видах физической работы он находился примерно на одном уровне, что свидетельствовало о хорошей мобилизации их из депо и элиминации их из кровяного русла.

Вышеописанные изменения показателя ТГ позволяют обосновать зависимость уровня аэробной биоэнергетики, связанной с липидным обменом, от двух факторов: уровня физической подготовки и специфики спортивной направленности. Данное явление свидетельствует о первостепенном значении аэробной биоэнергетики (в частности, компонентов липидного обмена) в обеспечении краткосрочного восстановительного периода у спортсменов-гребцов.

Исходный уровень эфиров холестерина был незначительно выше нормы, а при работе 7-минутной и 6-минутной длительности уменьшился

на 0,40 г/л и 0,63 г/л соответственно, то есть этерификация холестерина тормозилась.

Исследование соотношения между фракциями липопротеидов (ХМ, ЛПОНП, ЛПНП, ЛПВП, КНА) позволило оценить влияние систематических физических нагрузок, особенно циклического характера, на липидный обмен (табл.).

Исходный уровень хиломикронров превышал норму, что позволяло судить о задержке элиминации экзогенных липидов из крови у спортсменов. Это подтверждается и другими исследователями [3, 6, 7]. Под влиянием физических нагрузок уровень ХМ у отдельных спортсменов проявлял себя разнонаправленно. Средний показатель ХМ у спортсменов-гребцов при 7-минутной нагрузке повысился на 43,1% ( $p \leq 0,05$ ), при 60-минутной нагрузке произошло некоторое снижение показателя – на 16% ( $p \leq 0,05$ ), но все же было выше на 20,2% ( $p \leq 0,05$ ) по сравнению с показателем до тестирования.

В результате исследований отмечен относительно высокий уровень пре-β-липротеидов (ЛПОНП), резко снижающийся при околопредельной (субмаксимальной) физической нагрузке 7-минутного теста – на 81,9% ( $p \leq 0,05$ ), при 60-минутной нагрузке на границе умеренной и большой зон мощности – на 83,3% ( $p \leq 0,05$ ). Аналогичной была картина в отношении ремнантов – промежуточных форм липопротеидов.

Уровень β-липротеидов (ЛПНП) был весьма вариабелен при общей тенденции повышения – на 43,8% ( $p \leq 0,05$ ) при 7-минутной нагрузке околопредельной (субмаксимальной) мощности, незначительно снижен при 60-минутной нагрузке – на 26% ( $p \leq 0,05$ ).

Уровень α-липротеидов (ЛПВП) находился в пределах нормы до тестирующих нагрузок. При физической работе околопредельной (субмаксимальной) мощности содержание α-липротеидов увеличилось на 45,5% ( $p \leq 0,05$ ) околопредельной (субмаксимальной) мощности, при работе большой и умеренной мощности – на 88,3% ( $p \leq 0,05$ ). Выявленное значительное повышение ЛПВП в плазме крови у спортсменов-гребцов свидетельствовало об их сорбционной и дренажной функции, обеспечивающей непосредственное участие в поддержании оксидантного баланса [13].

Концентрация комплекса НЭЖК с альбумином (КНА) отличалась снижением показателя при 7-минутной нагрузке на 59,2% ( $p \leq 0,05$ ) по сравнению с показателем до начала тестирования. При 60-минутной нагрузке произошло повышение показателя в два раза по сравнению с 7-минутной нагрузкой, но всего на 16,3% ( $p \leq 0,05$ ) – по отношению к исходному показателю. Стабилизация показателя КНА с ростом продолжительности физической нагрузки подтверждает важность вклада незатерифицированных жирных кислот в обеспечение энергообмена во время физической нагрузки, развивающей выносливость.

## Выводы Conclusions

В состоянии покоя показатели липидного спектра плазмы крови у спортсменов-гребцов имели благоприятный характер, который был отмечен в более низких значениях показателей триглицеридов, свободного холестерина,  $\beta$ -липопротеидов,  $\alpha$ -липопротеидов и в более высоких показателях неэтерифицированных жирных кислот, пре- $\beta$ -липопротеидов.

Показатели окисления жиров (фосфолипиды, свободный холестерин, НЭЖК) увеличивались в результате относительного увеличения использования внутримышечных триглицеридов и постоянных физических нагрузок на выносливость в зонах умеренной, большой и околопредельной мощности.

Следует отметить, что постепенное возрастание фосфолипидов в крови в зависимости от повышения продолжительности и интенсивности

физической нагрузки свидетельствовало о наличии процесса адаптации организма спортсменов-гребцов к выполняемой работе. Фосфолипиды способствовали кислородному снабжению интенсивно работающих мышц, в результате чего увеличивается выносливость и ускоряется их восстановление.

Особенностью липидного спектра спортсменов-гребцов является возможность участия  $\alpha$ -липопротеидов (ЛПВП) в поддержании окислительного баланса в различные периоды спортивной подготовки, связанные с выполнением мышечной работы. Показатель ЛПВП может являться критерием высокого уровня адаптации к воздействию физических нагрузок.

Исследование индивидуальных показателей липидного обмена у спортсменов в гребном спорте имеет целый ряд практических применений: коррекцию интенсивности тренировочной нагрузки, определение уровня тренированности, прогнозирование спортивных результатов, контроль за уровнем функционального состояния.

## Список источников

1. Никифорова О.Н., Хотеева М.В., Прохорова Т.И. Направленное повышение функциональных возможностей студентов-полиатлетов при подготовке к бегу на выносливость // *Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта*. 2019. Т. 14, № 1. С. 38-44. <https://doi.org/10.14526/2070-4798-2019-14-1-38-44>
2. Людина А.Ю., Гарнов И.О., Бушманова Е.А., Нутрихин А.В. и др. Оценка взаимосвязи скорости окисления жира с показателями аэробной способности лыжников-гонщиков // *Человек. Спорт. Медицина*. 2020. Т. 20, № 1. С. 5-12. EDN: OCVYTQ
3. Опарина О.Н., Тома Ж.В., Дворянинова Е.В. Влияние физической нагрузки на особенности липидного обмена у спортсменов // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2020. Т. 95, № 5. С. 173-175. EDN: CYWSUN
4. Парастаев С.А., Анисимов Е.А., Жолинский А.В., Бадтиева В.А. и др. Синдром перетренированности: современные подходы к диагностике (обзор литературы) // *Лечебная физкультура и спортивная медицина*. 2020. Т. 1, № 155. С. 4-13. EDN: ORMUZZ
5. Осочук С.С., Марцинкевич А.Ф., Осочук А.С. Физико-химические свойства мембран эритроцитов и липопротеинов высокой плотности спортсменов циклических видов спорта // *Прикладная спортивная наука*. 2016. № 1 (3). С. 84-89. EDN: WITJWJ
6. Еликов А.В. Особенности липидного спектра у спортсменов разного уровня и специфики подготовки при различных состояниях, связанных с мышечной активностью // *Современные вопросы биомедицины*. 2024. Т. 8, № 1. [https://doi.org/10.24412/2588-0500-2024\\_08\\_01\\_28](https://doi.org/10.24412/2588-0500-2024_08_01_28)
7. Каунина Д.В., Викулов А.Д. Физическая работоспособность и липидный обмен спортсменов-пловцов высокой квалификации // *Ярославский педагогический вестник*. 2012. Т. 3, № 4. С. 141-144. EDN: PXMNBF

## References

1. Nikiforova O.N., Khoteeva M.V., Prokhorova T.I. Directed increase of functional abilities among students-polyathletes during training for endurance race. *Russian journal of physical education and sport*. 2019;14(1):38-44. (In Russ.) <https://doi.org/10.14526/2070-4798-2019-14-1-38-44>
2. Lyudinina A.Yu., Garnov I.O., Bushmanova E.A., Nutrikhin A.V. et al. The relationship between fat oxidation rate and aerobic performance in ski-racers. *Human Sport. Medicine*. 2020;20(1): 5-12. (In Russ.)
3. Oparina O.N., Toma J.V., Dvoryaninova E.V. Influence of physical activity on the features of lipid metabolism in athletes. *International Research Journal*. 2020;5(95):173-175. (In Russ.) <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.95.5.032>
4. Parastaev S.A., Anisimov E.A., Zholinsky A.V., Badtieva V.A. et al. The syndrome of overtraining: modern approaches to diagnostics (literature review). *Lечебная физкультура и спортивная медицина*. 2020;1(155):4-13. (In Russ.)
5. Osochuk S.S., Martsinkevich A.F., Osochuk A.S. Physical-chemical properties of erythrocytes membranes and high-density lipoproteins of sportsmen of cyclic sports. *Prikladnaya sportivnaya nauka*. 2016;3(1):84-89. (In Russ.)
6. Elikov A.V. Lipid spectrum in athletes of different levels and training specifics at various states associated with muscle activity. *Sovremennye voprosy biomeditsiny*. 2024;8(1). (In Russ.) [https://doi.org/10.24412/2588-0500-2024\\_08\\_01\\_28](https://doi.org/10.24412/2588-0500-2024_08_01_28)
7. Kaunina D.V., Vikulov A.D. The physical working capacity and blood lipids composition of highly qualified swimmers' blood plasma. *Yaroslavl Pedagogical Bulletin*. 2012;4(3):141-144. (In Russ.)

8. Никифорова О.Н., Маркин Э.В., Сорокин Д.В., Хотеева М.В. Спортивная подготовка в летнем полиатлоне на основе рационального распределения тренировочных нагрузок // *Теория и практика физической культуры*. 2023. № 1. С. 94-96. EDN: YSZELX
9. Котляр Н.Н., Цапов Е.Г., Коробейников Е.В., Жарова К.Е. Биохимические основы здорового питания спортсменов в условиях активного мышечного анаболизма // *Актуальные проблемы современной науки, техники и образования*. 2019. Т. 10, № 2. С. 139-143. EDN: DZCCET
10. Sargeant J.A., Gray L.J., Bodicoat D.H., Willis S.A. et al. The effect of exercise training on intrahepatic triglyceride and hepatic insulin sensitivity: a systematic review and meta-analysis. *Obesity reviews*. 2018;19(10):1446-1459. <https://doi.org/10.1111/obr.12719>
11. Harrison M., Moyna N.M., Zderic T.W., O’Gorman D.J. et al. Lipoprotein particle distribution and skeletal muscle lipoprotein lipase activity after acute exercise. *Lipids Health Dis.* 2012;11:64. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-11-64>
12. Jäger R., Purpura M., Kingsley M. Phospholipids and sports performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2007;4:5. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-4-5>
13. Трухачев В.И., Сычева О.В., Стародубцева Г.П., Веселова М.В. Технология молочного фиточая «Стевилакт» // *Пищевая индустрия*. 2012. № 2. С. 18-20. EDN: SMRFTD
14. Еликов А.В. Состояние оксидантного баланса спортсменов различных категорий при выполнении дозированной физической нагрузки и в краткосрочном восстановительном периоде // *Современные вопросы биомедицины*. 2023. Т. 7, № 1 (22). [https://doi.org/10.51871/2588-0500\\_2023\\_07\\_01\\_26](https://doi.org/10.51871/2588-0500_2023_07_01_26)
8. Nikiforova O.N., Markin E.V., Sorokin D.V., Khoteeva M.V. Sports training in summer polyathlon based on the rational distribution of training loads. *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury*. 2023;1:94-96. (In Russ.)
9. Kotlyar N.N., Tsapov E.G., Korobeynikov E.V., Zharova K.E. Biochemical foundations of healthy nutrition for athletes in conditions of active muscle anabolism. *Aktual'nye problemy sovremennoy nauki, tekhniki i obrazovaniya*. 2019;10(2):139-143. (In Russ.)
10. Sargeant J.A., Gray L.J., Bodicoat D.H., Willis S.A. et al. The effect of exercise training on intrahepatic triglyceride and hepatic insulin sensitivity: a systematic review and meta-analysis. *Obesity reviews*. 2018;19(10):1446-1459. <https://doi.org/10.1111/obr.12719>
11. Harrison M., Moyna N.M., Zderic T.W., O’Gorman D.J. et al. Lipoprotein particle distribution and skeletal muscle lipoprotein lipase activity after acute exercise. *Lipids Health Dis.* 2012;11:64. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-11-64>
12. Jäger R., Purpura M., Kingsley M. Phospholipids and sports performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2007;4:5. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-4-5>
13. Trukhachev V.I., Sycheva O.V., Starodubtseva G.P., Veselova M.V. Technology of milk herbal tea “Stevilakt”. *Pishchevaya industriya*. 2012;2:18-20. (In Russ.)
14. Elikov A.V. State of oxidative balance in athletes of different categories during dosed exercise and in the short-term recovery period. *Sovremennye voprosy biomeditsiny*. 2023;7(1(22)). (In Russ.) [https://doi.org/10.51871/2588-0500\\_2023\\_07\\_01\\_26](https://doi.org/10.51871/2588-0500_2023_07_01_26)

#### Сведения об авторах

**Ольга Николаевна Никифорова**, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры физической культуры, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: [nikiforova@rgau-msha.ru](mailto:nikiforova@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1079-2983>

**Эдуард Васильевич Маркин**, кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой физической культуры, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: [markin.ev@rgau-msha.ru](mailto:markin.ev@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0001-7143-7531>

Статья поступила в редакцию 29.02.2024  
Одобрена после рецензирования 18.03.2024  
Принята к публикации 29.03.2024

#### Information about the authors

**Olga N. Nikiforova**, CSc (Ped), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Physical Education, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: [nikiforova@rgau-msha.ru](mailto:nikiforova@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0002-1079-2983>

**Eduard V. Markin**, CSc (Ped), Associate Professor, Head of the Department of Physical Education, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russian Federation); e-mail: [markin.ev@rgau-msha.ru](mailto:markin.ev@rgau-msha.ru); <https://orcid.org/0000-0001-7143-7531>

The article was submitted to the editorial office February 29, 2024  
Approved after reviewing March 18, 2024  
Accepted for publication March 29, 2024