

УДК 577.115.3;612.397.7;796.92

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОФИЛЯ ЖИРНЫХ КИСЛОТ В РАЦИОНЕ ПИТАНИЯ И ПЛАЗМЕ КРОВИ СПОРТСМЕНОВ И СТУДЕНТОВ

© 2022 г. А. Ю. Людина<sup>1, 2, \*</sup>

<sup>1</sup>Институт физиологии Федерального исследовательского центра Коми научного центра УрО РАН, Сыктывкар, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Сыктывкарский государственный университет имени П. Сорокина, Сыктывкар, Россия

\*E-mail: salu\_06@inbox.ru

Поступила в редакцию 06.08.2021 г.

После доработки 09.03.2022 г.

Принята к публикации 18.03.2022 г.

Изучение метаболизма жирных кислот (ЖК), в том числе эссенциальных n-3 полиненасыщенных жирных кислот (n-3 ПНЖК), вызывает большой интерес в практике спорта высших достижений вследствие их существенной роли в энергообеспечении организма и в целом повышении физической работоспособности (ФР). В работе обследованы спортсмены – лыжники-гонщики – члены сборной команды Республики Коми и России (юноши,  $n = 36$ ) и студенты в качестве контрольной группы (юноши,  $n = 13$ ). Изучение уровня потребления разных классов ЖК оценивали с помощью авторского *on-line* сервиса “Жирные кислоты в продуктах”. Профиль ЖК в общих липидах плазмы крови определяли методом газовой хроматографии. Анализ жирового компонента рациона спортсменов и студентов выявил схожую картину, выражающуюся в повышенном потреблении насыщенных жиров и n-6 ПНЖК относительно рекомендуемых норм. У студентов потребление эссенциальных n-3 эйкозапентаеновой (ЭПК) и докозагексаеновой (ДГК) кислот было значимо ниже, по сравнению с лыжниками ( $p = 0.013$ ) и рекомендуемой нормой. Неоптимальный жировой рацион сопровождался дисбалансом профиля ЖК в крови, как у спортсменов, так и в контрольной группе. У лыжников-гонщиков, по сравнению со студентами, значимо более низкий уровень насыщенных миристиновой ( $p = 0.000$ ) и пальмитиновой кислот ( $p = 0.003$ ), находящийся в пределах референсных значений. Доля эссенциальной n-3 линоленовой кислоты в плазме крови у лыжников-гонщиков ниже, чем у студентов ( $p = 0.002$ ) и ниже нормы в 2.2 раза при адекватном потреблении ее с пищей. Уровень ЭПК в крови также снижен в обеих группах, причем у студентов почти в 3 раза выраженнее, чем у лыжников ( $p = 0.000$ ). Таким образом, потребление n-3 ПНЖК атлетами в соответствии с рекомендуемыми нормами не покрывает их расход на энергообеспечение и физиологические функции, задействованные при интенсивных физических нагрузках, и снижает аэробную работоспособность организма. Результаты проведенного исследования могут быть применены в оптимизации рациона питания и повышения функциональных резервов и физических качеств спортсменов и учащихся.

**Ключевые слова:** жирные кислоты, эссенциальные жиры, питание, линоленовая кислота, эйкозапентаеновая кислота, докозагексаеновая кислота, лыжники-гонщики, студенты.

**DOI:** 10.31857/S0131164622040051

Накопленные данные за последние несколько десятилетий демонстрирует важную роль полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) в осуществлении важных физиологических функций, особенно в оптимизации сердечно-сосудистой и центральной нервной систем, и показывают преимущество их применения в повышении спортивных результатов [1–3].

Для спортсменов, стремящихся к достижению высоких результатов и повышению физической работоспособности (ФР), вопросы рационального питания имеют особое значение [4, 5]. Обеспе-

чение организма атлетов помимо основных макронутриентов эссенциальными компонентами питания (например, витаминами, эссенциальными аминокислотами и жирными кислотами (ЖК)) и их связь с повышением ФР достаточно хорошо изучены [5, 6]. Особая роль среди хорошо зарекомендовавшей себя нутритивной поддержки в последнее время придается n-3 ПНЖК [2, 7]. К ряду  $\alpha$ -линоленовой кислоты ( $\alpha$ -ЛНК), являющейся частичным предшественником для биосинтеза длинноцепочечных n-3 ПНЖК относятся, в

**Таблица 1.** Фоновые характеристики лыжников-гонщиков и юношей контрольной группы

Показатель	Спортсмены	Студенты
Возраст, лет	21.7 ± 3.9	19.9 ± 2.9
Рост, м	1.7 ± 4.8	1.8 ± 6.7
Масса тела, кг	72.8 ± 4.1	88.1 ± 14.1
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	22.8 ± 1.1	25.6 ± 4.8
Доля жира, %	9.6 ± 2.7	17.8 ± 9.2
МПК, л/мин	4.1 ± 0.6	–
ЧСС, уд./мин	60.4 ± 11.3	79.1 ± 2.2
САД, мм рт. ст.	117.0 ± 11.2	120.0 ± 1.7
ДАД мм рт. ст.	71.8 ± 8.4	72.5 ± 1.3

*Примечание:* ИМТ – индекс массы тела. МПК – максимальное потребление кислорода. ЧСС – частота сердечных сокращений. САД – систолическое артериальное давление. ДАД – диастолическое артериальное давление.

первую очередь, эйкозапентаеновая (ЭПК) и докозагексаеновая (ДГК) кислоты.

Исследование метаболизма n-3 ПНЖК вызывает большой интерес в мировом спорте вследствие их плеiotропного действия на организм и участие в повышении ФР [8–11]. Эффекты приема пищевых добавок спортсменами, содержащих n-3 ПНЖК, сфокусированы, в основном, на их способности снижать сердечно-сосудистые факторы риска [2, 12, 13], ускорять мышечное восстановление [5, 14], повышать максимальное потребление кислорода (МПК) [10] и скорость окисления жира [15], и, как правило, являются положительными адаптациями для спортсменов, способствуя повышению ФР [10]. В то же время есть работы, показывающие отсутствие выраженного эффекта n-3-ПНЖК на прирост этих показателей [12, 16–18].

Единичные работы по совместному изучению профиля диетических и тканеспецифичных ЖК среди высококвалифицированных спортсменов можно найти в свободном доступе. Три исследования [3, 19, 20] оценивали профили ЖК в составе фосфолипидной фракции плазмы и эритроцитах спортсменов, но были ограничены относительно небольшой выборкой и отсутствием оценки взаимосвязи между потреблением пищи и состоянием тканей. Несколько других работ изучали жирно-кислотный состав тканей (фосфолипиды сыворотки крови, мышцы и др.) у тренированных лиц [21, 22], но эти исследования не оценивали потребление n-3 ПНЖК и ЖК профили тканей среди различных групп спортсменов. Подобный ана-

лиз среди высококвалифицированных лыжников-гонщиков не проводился.

Ввиду недостаточности обсуждения подобных работ и в свете вышеописанных ограничений, целью работы было провести сравнительный анализ между потреблением жирных кислот с рационом питания и их уровнем в крови среди высококвалифицированных спортсменов и студентов в качестве группы сравнения.

## МЕТОДИКА

В общеподготовительный период тренировочного макроцикла (2014–2015 гг.) обследовали лыжников-гонщиков (юноши,  $n = 36$ ). Спортивная квалификация исследуемых спортсменов – 1 разрядники (44%), кандидаты в мастера спорта (25%), мастера спорта (17%) и мастера спорта международного класса (14%). Все спортсмены являются членами сборной Республики Коми по лыжным гонкам, часть из них входит в сборную России. Контрольную группу составили студенты-медики аналогичного возраста ( $n = 13$ ). Антропометрические характеристики обследуемых представлены в табл. 1.

Исследование проводили на базе отдела экологической и медицинской физиологии Института физиологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар).

У спортсменов и юношей из контрольной группы измеряли массу и рост на медицинском весоростомере (Россия), процент массы жира организма при помощи жиросциатора *Omron BF 302* (Япония), рассчитывали индекс массы тела (ИМТ) по формуле Кетле. Систолическое (САД) и диастолическое артериальное давление (ДАД) измеряли методом Н.С. Короткова прибором “*MicroLife Model BP AG1-30*” (Швейцария).

*Метод оценки фактического потребления незаменимых жирных кислот* включал анализ жирового компонента рациона с помощью оригинальной авторской программы (свидетельство ГР № 2016662728 от 20.12.2016), на основе которой был создан *on-line* сервис “Жирные кислоты в продуктах”. Детальное описание способа оценки потребления ЖК представлено в работе Т.В. Есевой и др. [23]. Нормы потребления ЖК приведены согласно рекомендациям международных организаций (*Dietary Guidelines for Americans, US Dietary Reference Intake, Academy of Nutrition and Dietetics, WHO, EFSA, ISSFAL*) и российских рекомендаций (ФГБУН “ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи”, г. Москва).

*Анализ профиля жирных кислот в крови.* Взятие венозной крови осуществляли натощак в покое. Уровень общего пула ЖК в общих липидах (фракция включает неэтерифицированные ЖК, фосфолипиды, триглицериды и этерифициро-

**Таблица 2.** Содержание жирных кислот (ЖК) в рационе исследуемых студентов и лыжников-гонщиков в общеподготовительный период тренировочного макроцикла

Потребление ЖК	Лыжники-гонщики	Уровень $p$	Контрольная группа	Нормы, г/день
Насыщенные ЖК	35.3 ± 24.1	0.083	46.9 ± 4.9	20.0–30.0
ПНЖК n-3	2.4 ± 2.7	0.277	1.7 ± 1.3	1.0–3.0
ПНЖК n-6	19.3 ± 11.6	0.396	29.1 ± 12.0	8.0–12.0
ЛНЖ n-6	18.3 ± 11.0	0.385	28.0 ± 13.3	5.0–10.0
ЛНЖ n-3	1.6 ± 1.7	0.646	1.4 ± 1.8	1.1–2.0
ЭПК + ДГК n-3	0.8 ± 1.4	0.013	0.2 ± 0.3	>0.5
Индекс n-6/n-3	13.3 ± 9.8	0.231	25.5 ± 14.7	5.0/1

*Примечание:* данные представлены в виде  $M \pm SD$ . ПНЖК – полиненасыщенные жирные кислоты. ЛНЖ – линоленовая кислота. ЭПК – эйкозапентаеновая и ДГК – докозагексаеновой кислоты.

ванный стерифицированный холестерин) плазмы крови определяли методом газовой хроматографии (“Кристалл 2000М”, ПИД, колонка “SupelcoWAX”) с предварительным экстрагированием липидов по методу Фольча и получением метиловых эфиров ЖК. Содержание индивидуальных ЖК представлено в % от общего пула ЖК. В качестве нормы брали референсные значения [24].

Статистическую обработку результатов осуществляли при помощи программы “Statistica” (версия 8.0, StatSoft, Inc. 2007). Учитывая немногочисленность исследуемых выборок и существенные индивидуальные различия в значениях определяемых показателей, проводили проверку данных на нормальность распределения с применением критерия Шапиро–Уилка. Поскольку полученные данные не подчинялись нормальному закону распределения, использовали непараметрические методы сравнения –  $U$ -критерий Манна–Уитни и Фридмана. Результаты представлены в виде  $M \pm SD$ . Критическим уровнем значимости статистических гипотез принимали  $p < 0.05$ . Взаимосвязь признаков оценивали с помощью метода ранговой корреляции Спирмена.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

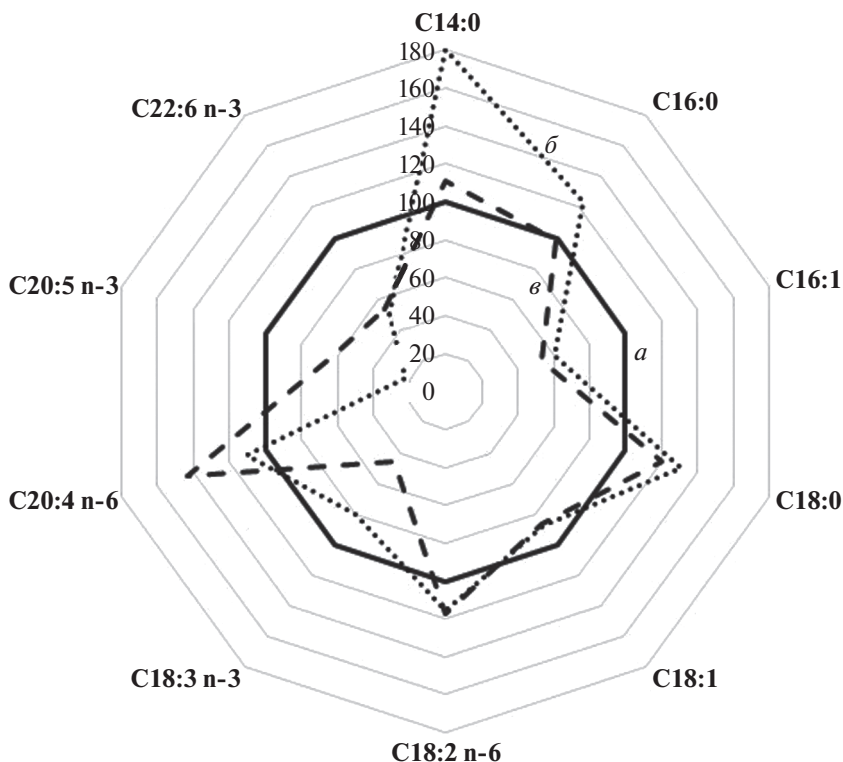
Оценка жирового рациона спортсменов по сравнению с контрольной группой. Проведенный анализ жирнокислотного профиля рациона лыжников выявил высокую вариабельность потребления различных классов ЖК относительно рекомендованным нормам потребления (табл. 2).

Так, потребление насыщенных ЖК у более половины спортсменов было в пределах нормы и в целом составило в среднем 35.3 г/день. Содержа-

ние ПНЖК в рационе спортсменов существенно варьировало относительно рекомендуемых норм. Среднее значение n-6 ПНЖК (в основном за счет линолевой кислоты) у атлетов составило 19.3 г/день, превышая рекомендованные нормативы почти в 1.5 раза, а у студентов в 2.4 раза. Потребление n-3 ПНЖК у всех обследуемых юношей составило в среднем 2.1 г/день и в целом находилось в пределах референсных значений. Тем не менее, недостаточность потребления в рационе ЭПК + ДГК отмечена более чем у 70% всех добровольцев, а также дефицит в рационе  $\alpha$ -ЛНЖ у 35% спортсменов и половины студентов. В настоящем исследовании был выявлен повышенный индекс n-6/n-3 в рационе питания – в среднем по группе спортсменов и юношей контрольной группы, составляя 13.3 и 25.5 единиц соответственно.

Профиль ЖК в плазме крови спортсменов по сравнению с контрольной группой. Согласно нашим данным, у лыжников-гонщиков отмечен значимо более низкий уровень насыщенных миристиновой ( $p = 0.000$ ) и пальмитиновой кислот ( $p = 0.003$ ), по сравнению с контрольной группой, показатели в которой были в пределах референсных значений. Профиль ЖК плазмы крови практически всех спортсменов в общеподготовительный период характеризовался дефицитом n-3  $\alpha$ -ЛНЖ (C18:3), ЭПК (C20:5) и ДГК (C22:6) по сравнению с рекомендуемыми нормами и относительно более высоким уровнем n-6 линолевой (C18:2) и арахидоновой (C20:4) кислот. Доля эссенциальной  $\alpha$ -ЛНЖ в плазме крови у лыжников-гонщиков составила 0.3%, что значимо ниже, чем у студентов ( $p = 0.002$ ) и ниже нормы в 2.2 раза при адекватном потреблении ее с пищей.

Среднее значение уровня ЭПК и ДГК в крови спортсменов составило – 0.9 и 1.3% соответствен-



**Рис. 1.** Профиль жирных кислот (ЖК) в крови спортсменов и обследуемых из контрольной группы относительно рекомендуемых норм.

C14:0 – миристиновая кислота, C16:0 – пальмитиновая кислота, C16:1 – пальмитолеиновая кислота, C18:0 – стеариновая кислота, C18:1 – олеиновая кислота, C18:2 – n-6 линолевая кислота (ЛНК), C18:3 – n-3 ЛНК, C20:4 – n-6 арахидоновая кислота, C20:5 – n-3 эйкозапентаеновая кислота (ЭПК), C22:6 – n-3 докозагексаеновая кислота (ДГК).

но, что было ниже нормы почти в два раза. Низкая доля  $\alpha$ -ЛНК отмечена практически у всех лыжников, ЭПК – у 80% спортсменов, а ДГК – у 94% обследуемых, что, вероятно, связано не только с недостаточным потреблением эссенциальных кислот (рис. 1).

Следует отметить, что уровень ЭПК в крови также снижен в обеих группах по сравнению с нормой, причем у студентов почти в 3 раза сильнее, чем у лыжников ( $p = 0.000$ ). Доля ДГК не отличалась значимо между обследуемыми, но была в два раза ниже рекомендуемой нормы для показателей плазмы крови.

Выявлены корреляции между частотой сердечных сокращений (ЧСС) и n-6 арахидоновой кислотой ( $r_s = 0.47$ ,  $p = 0.009$ ), индексом n-3/n-6 ( $r_s = 0.42$ ,  $p = 0.001$ ), а также связь диастолического давления с n-3 эйкозапентаеновой ( $r_s = 0.61$ ,  $p = 0.002$ ) кислотой и n-6 ПНЖК ( $r_s = -0.37$ ,  $p = 0.045$ ) в покое у спортсменов.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Ранее нами было показано, что вклад жирового компонента в энергетическую структуру суточных рационов более 130 спортсменов циклических

видов спорта, в отличие от углеводов, увеличен на 7–12% от рекомендуемых величин, что в целом характерно для северян. Кроме того, рацион питания спортсменов характеризовался дефицитом энергетической ценности, недостаточным содержанием углеводов и ряда ПНЖК [6]. В нашем исследовании показано повышенное относительно рекомендуемой нормы потребление общего жира как лыжниками ( $3.0 \pm 3.2$  г/кг массы тела), так и студентами ( $2.3 \pm 2.4$  г/кг массы тела). Схожую проблему питания спортсменов – недостаточное количество углеводной пищи и избыток жировой – отмечают отечественные и иностранные исследователи [4, 14, 25], что может вести к снижению выносливости и повышать риск развития утомления, по сравнению с использованием высокоуглеводных рационов [25]. Следует заметить, что функциональное состояние и энергетические возможности организма спортсменов зависят не только от количества потребленного жира, а также и от качественного состава потребляемых жиров [8, 10, 15, 18].

Известно, что уровень различных ПНЖК в крови и других тканях и органах человека напрямую зависит от питания [26]. Особенность современной западной диеты заключается в практиче-

ски полном отсутствии n-3 ПНЖК в рационе, при этом потребление n-6 ПНЖК резко увеличено, что выражается в относительно высоком индексе n-3/n-6 ~ 10-20:1 [1], в нашем случае для лыжников-гонщиков он был равен 13.3, а для студентов – 25.5. Анализ профиля ПНЖК плазмы крови обследуемых спортсменов характеризовался более высокими значениями n-6 линолевой (C18:2), арахидоновой кислот (C20:4) и соответственно индексом n-3/n-6 со средним значением 25/1 (при норме 5/1). Соотношение n-3/n-6 более 8.0 в плазме крови является маркером сердечно-сосудистого риска [24] и может приводить к развитию воспаления и повышенному свертыванию крови [1].

В целом развитие выносливости сопровождается увеличением окисления ЖК и модификацией профиля ЖК в крови и состава фосфолипидов мембран мышечных клеток [15, 21]. Так, субмаксимальная ФН сопровождается увеличением доли олеиновой кислоты, снижением уровней пальмитиновой и стеариновой ЖК в сыворотке крови к концу нагрузки [27]. При этом более высокий коэффициент 18:1 n-9/16:0 может являться следствием увеличения активности дельта-9 десатуразы в ходе тренировок [22] и более высокое отношение C18:0/C16:0 в мышечных фосфолипидах, отражающее активность фермента элонгазы [21]. Фосфолипиды и триглицериды скелетных мышц в группе тренированных юношей (6 нед. регулярных нагрузок низкой интенсивности), по сравнению с нетренированными, содержали более низкие пропорции пальмитиновой кислоты (C16:0), более низкий индекс n-3/n-6, более высокое содержание стеариновой кислоты (C18:0) и сумму n-3 ПНЖК при схожем составе пищевых жиров [21]. В нашей работе показан значимо более низкий уровень насыщенных ЖК у лыжников в пределах нормы, по сравнению с юношами из контрольной группы при повышенном потреблении этого класса жиров с питанием. Кроме того, насыщенные ЖК (средне- и длинноцепочечные) могут быть эндогенно синтезированы в организме и традиционно являются основными кислотами, вовлеченными в энергообеспечение аэробных нагрузок средней интенсивности. Таким образом, значительное снижение доли насыщенных пальмитиновой и стеариновой ЖК, по-видимому, является прямым следствием изменения метаболизма ЖК, вероятно, в результате частичного поглощения этих ЖК мышцами из-за более высокого уровня физической активности спортсменов [12, 27].

Следует отметить, что в целом при достаточном потреблении n-3 ПНЖК обнаружен фоновый дефицит n-3 ПНЖК в плазме крови у большинства лыжников-гонщиков, который выявлен нами ранее [6]. Показано, что доля эссенциальной  $\alpha$ -ЛНК в плазме крови у лыжников-гонщи-

ков значимо ниже, чем у студентов ( $p = 0.002$ ) и ниже нормы в 2.2 раза при адекватном потреблении ее с пищей. В связи с этим, можно предположить о ее активном участии в энергообеспечении аэробной мощности организма [15], участии в регуляции ритма сердца [28].

Помимо этого, установлен более низкий уровень ДГК в плазме крови спортсменов относительно рекомендуемой нормы. Так, описан массовый дефицит ЭПК и ДГК среди 106 немецких элитных спортсменов из национальных сборных команд видов спорта на выносливость, рассчитанный на основе индекса омега-3 (*HS-Omega-3 Index*) и только один спортсмен имел значение в пределах целевого диапазона >8% [9]. Вероятно, ДГК может способствовать улучшению спортивной результативности за счет модуляции проницаемости клеточных мембран для глюкозы и аминокислот (это подтверждается повышением регуляции транспортера GLUT4), что может стимулировать гликолитическую способность в миоцитах [29].

Выявлены корреляции средней степени между ЧСС и n-6 арахидоновой кислотой ( $r_s = 0.47$ ,  $p = 0.009$ ), индексом n-3/n-6 ( $r_s = 0.42$ ,  $p = 0.001$ ), а также связь диастолического давления с n-3 эйкозапентаеновой ( $r_s = 0.61$ ,  $p = 0.002$ ) кислотой и n-6 ПНЖК ( $r_s = -0.37$ ,  $p = 0.045$ ) в покое у спортсменов. Данный факт указывает о возможном влиянии эссенциальных n-3 ПНЖК на снижение артериального давления в ответ на ФН и в целом регуляцию функций сердечно-сосудистой системы спортсменов [2, 12, 13]. Механизмы действия n-3 ПНЖК различны, среди них повышение текучести клеточной мембраны, изменение работы ионных каналов и рецепторов, уменьшение продукции воспалительных эйкозаноидов, цитокинов и активных форм кислорода, способствующей иммуномодулирующему и противовоспалительному действию на организм [2, 7, 8]. Известно, что дополнительный прием n-3 ПНЖК значительно регулирует экспрессию генов, играющих важную роль в метаболизме углеводов, ЖК, триглицеридов и холестерина, а также окислительный метаболизм в мышечных клетках [29]. В основе регуляции генов ПНЖК лежит влияние на активность транскрипционных факторов. Оно реализуется по двум основным механизмам: через прямое взаимодействие с ядерными рецепторами, включая PPAR (Peroxisome Proliferator-Activated Receptors), LXR (Liver X Receptor) и HNF-4 $\alpha$  (Hepatic Nuclear Factor-4 alpha) или контроль ядерного содержания таких транскрипционных факторов, как SREBP (Sterol Regulatory Element Binding Protein), ChREBP (Carbohydrate Response Element Binding Protein) и MLX (MAX-like Protein) [1]. Прием n-3 ПНЖК (2.7 г в течение 30 дней) [14] или (3.0 г в течение 7 дней) [30] способствовал более быстрому восстановлению после силовых

эксцентрических упражнений, снижению мышечной боли, уровня лактата и С-реактивного белка. Тем не менее, в настоящее время не получены убедительные данные о высокой эффективности и эргогенных свойствах добавок, содержащих n-3 ПНЖК среди спортсменов и военнослужащих [8, 11].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе настоящего исследования установлено повышенное относительно нормы потребление n-6 ПНЖК и насыщенных жиров, а также выявлен недостаток потребления ЭПК + ДГК у 70% обследуемых спортсменов и  $\alpha$ -ЛНЖ у 35% лыжников и половины студентов. Неоптимальный жировой рацион сопровождался еще более существенным дисбалансом уровня n-3 ПНЖК в крови как у спортсменов, так и в контрольной группе. Согласно результатам исследования, можно предположить, что потребление n-3 ПНЖК высококвалифицированными лыжниками-гонщиками с рационом питания в соответствии с рекомендуемыми нормами не покрывает их расход на энергообеспечение и физиологические функции, задействованные при физических нагрузках, и снижает аэробную работоспособность организма спортсменов.

Оптимизация жирового компонента (включение в диетический стол расширенного перечня продуктов, содержащих n-3 ПНЖК, в особенности  $\alpha$ -ЛНЖ) в рационе питания спортсменов, а также дополнительный прием добавок, содержащих n-3 ПНЖК, может стать мерой улучшения аэробной мощности и повышения аэробной и физической работоспособности.

**Этические нормы.** Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях, и одобрены локальным этическим комитетом Института физиологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (Сыктывкар).

**Информированное согласие.** Каждый участник исследования представил добровольное письменное информированное согласие, подписанное им после разъяснения ему потенциальных рисков и преимуществ, а также характера предстоящего исследования.

**Финансирование работы.** Работа выполнена за счет средств субсидии на выполнение Государственного задания № ГР1021051201877-3-3.1.8 (2022–2026 гг.).

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Simopoulos A.P.* Evolutionary aspects of diet: the omega-6/omega-3 ratio and the brain // *Mol. Neurobiol.* 2011. V. 44. № 2. P. 203.
2. *Mickleborough T.D.* Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids in Physical Performance Optimization // *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2013. V. 23. № 1. P. 83.
3. *Wilson P.B., Madrigal L.A.* Associations between Whole Blood and Dietary Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acid Levels in Collegiate Athletes // *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2016. V. 26. № 6. P. 497.
4. *Олейник С.А.* Спортивная фармакология и диетология. М.: Изд-во: Диалектика, 2019. 256 с.  
*Oleinik S.A.* Sports pharmacology and dietetics. M.: Publishing house: Dialectics, 2019. 256 p.
5. *Kerksick C.M., Wilborn C.D., Roberts M.D. et al.* ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations // *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2018. V. 15. № 1. P. 38.
6. *Бойко Е.Р., Логинова Т.П., Варламова Н.Г. и др.* Физиолого-биохимические механизмы обеспечения спортивной деятельности зимних циклических видов спорта. Сыктывкар: Издательство: ООО “Коми республиканская типография”, 2019. 256 с.  
*Boyko E.R., Loginova T.P., Varlamova N.G. et al.* Physiological and biochemical mechanisms to ensure the sports activities of winter cyclic sports. Syktyvkar: Publishing House: Komi Republican Printing House LLC, 2019. 256 p.
7. *Calder P.C.* Marine omega-3 fatty acids and inflammatory processes: Effects, mechanisms and clinical relevance // *Biochim. Biophys. Acta.* 2015. V. 1851. № 4. P. 469.
8. *Shei R.J., Lindley M.R., Mickleborough T.D.* Omega-3 polyunsaturated fatty acids in the optimization of physical performance // *Mil. Med.* 2014. V. 179 (11 Suppl.). P. 144.
9. *von Schacky C., Kemper M., Haslbauer R., Halle M.* Low Omega-3 Index in 106 German Elite Winter Endurance Athletes: A Pilot Study Article // *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2014. V. 24. № 5. P. 103.
10. *Zebrovska A., Mizia-Stec K., Mizia M. et al.* Omega-3 fatty acids supplementation improves endothelial function and maximal oxygen uptake in endurance-trained athletes // *Eur. J. Sport Sci.* 2015. V. 15. № 4. P. 305.
11. *Da Boit M., Hunter A.M., Gray S.R.* Fit with good fat? The role of n-3 polyunsaturated fatty acids on exercise performance // *Metabolism.* 2017. V. 66. P. 45.
12. *Peoples G.E., McLennan P.L., Howe P.R., Groeller H.* Fish oil reduces heart rate and oxygen consumption during exercise // *J. Cardiovasc. Pharmacol.* 2008. V. 52. № 6. P. 540.
13. *Xin W., Wei W., Li X.Y.* Short-term effects of fish-oil supplementation on heart rate variability in humans: a meta-analysis of randomized controlled trials // *Am. J. Clin. Nutr.* 2013. V. 97. № 5. P. 926.
14. *Lembke P., Capodice J., Hebert K., Swenson T.* Influence of Omega-3 (N3) Index on Performance and

- Wellbeing in Young Adults after Heavy Eccentric Exercise // *J. Sports Sci. Med.* 2014. V. 13. № 1. P. 151.
15. Lyudinina A. Y., Bushmanova E. A., Varlamova N. G., Boyko E. R. Dietary and plasma blood  $\alpha$ -linolenic acid as modulator of fat oxidation and predictor of aerobic performance // *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 2020. V. 17. № 1. № 57.
  16. Raastad T., Hostmark A. T., Stromme S. B. Omega-3 fatty acid supplementation does not improve maximal aerobic power, anaerobic threshold and running performance in well-trained soccer players // *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 1997. V. 7. № 1. P. 25.
  17. Nieman D. C., Henson D. A., McAnulty S. R. et al. n-3 Polyunsaturated Fatty Acids Do Not Alter Immune and Inflammation Measures in Endurance Athletes // *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 2009. V. 19. № 5. P. 536.
  18. Boss A., Lecoultre V., Ruffieux C. et al. Combined effects of endurance training and dietary unsaturated fatty acids on physical performance, fat oxidation and insulin sensitivity // *Br. J. Nutr.* 2010. V. 103. № 8. P. 1151.
  19. Tepsic J., Vucic V., Arsic A. et al. Plasma and erythrocyte phospholipid fatty acid profile in professional basketball and football players // *Eur. J. Appl. Physiol.* 2009. V. 107. № 3. P. 359.
  20. Arsic A., Vučić V., Tepšić J. et al. Altered plasma and erythrocyte phospholipid fatty acid profile in elite female water polo and football players // *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2012. V. 37. № 1. P. 40.
  21. Andersson A., Sjodin A., Hedman A. et al. Fatty acid profile of skeletal muscle phospholipids in trained and untrained young men // *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 2000. V. 279. № 4. P. E744.
  22. Helge J. W., Wu B. J., Willer M. et al. Training affects muscle phospholipid fatty acid composition in humans // *J. Appl. Physiol.* 2001. V. 90. № 2. P. 670.
  23. Есева Т.В., Людина А.Ю., Бойко Е.Р. Веб-сервис для индивидуальной экспресс-оценки потребления эссенциальных жирных кислот: разработка, испытание, применение // *Технологии живых систем.* 2021. Т. 18. № 2. С. 54.
  24. Eseva T. V., Lyudinina A. Yu., Boyko E. R. Web service for an individual rapid assessment of the consumption of essential fatty acids: development, experience, practice // *Technologies of Living Systems.* 2021. V. 18. № 2. P. 54.
  25. Hodson L., Skeaff C. M., Fielding B. A. Fatty acid composition of adipose tissue and blood in humans and its use as a biomarker of dietary intake // *Prog. Lipid Res.* 2008. V. 47. № 5. P. 348.
  26. Kiens B., Helge W. J. Adaptation to a High Fat Diet / Nutrition in Sport // Ed. Maughan R. M. United Kingdom: Blackwell Science Ltd., 2000. P. 192.
  27. Marangonia F., Colombo C., Martello A. et al. The fatty acid profiles in a drop of blood from a fingertip correlate with physiological, dietary and lifestyle parameters in volunteers // *Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids.* 2007. V. 76. № 2. P. 87.
  28. Mougios V., Ring S., Petridou A., Nikolaidis M. G. Duration of coffee- and exercise-induced changes in the fatty acid profile of human serum // *J. Appl. Physiol.* 2003. V. 94. № 2. P. 476.
  29. Людина А.Ю., Марков А.Л., Бойко Е.Р. Изучение связи эссенциальной альфа-линоленовой кислоты с вариабельностью сердечного ритма лыжников-гонщиков // *Спортивная медицина. Наука и практика.* 2018. Т. 8. № 1. С. 17.
  30. Lyudinina A. Yu., Markov A. L., Boyko E. R. [The relationship of the essential alpha-linolenic acid with heart rate variability in cross-country skiers] // *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice).* 2018. V. 8. № 1. P. 17.
  31. Vaughan R. A., Garcia-Smith R., Bisoffi M. et al. Conjugated linoleic acid or omega 3 fatty acids increase mitochondrial biosynthesis and metabolism in skeletal muscle cells // *Lipids Health Dis.* 2012. V. 11. P. 142.
  32. Jouris K. B., McDaniel J. L., Weiss E. P. The effect of n-3 PUFA fatty acid supplementation on the inflammatory response to eccentric strength exercise // *J. Sports Sci. Med.* 2011. V. 10. № 3. P. 432.

## Comparative Analysis of Fatty Acid Profile in the Diet and Blood of Athletes and Students

A. Yu. Lyudinina<sup>a, b, \*</sup>

<sup>a</sup>Department of Ecological and Medical Physiology, Institute of Physiology, Ural Branch, RAS, Syktyvkar, Russia

<sup>b</sup>Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, Syktyvkar, Russia

\*E-mail: salu\_06@inbox.ru

The study of the metabolism of fatty acids (FA), including essential n-3 polyunsaturated fatty acids (n-3 PUFAs), is of great interest in the practice of elite sports due to their significant role in the energy supply of the body and, in general, increasing physical performance (FR). Athletes (cross-country skiers) members of the national team of the Republic of Komi and Russia (men, n = 36) and students as a control group (men, n = 13) were examined. The level of consumption of different classes of fatty acids was assessed using the author's on-line service "Fatty acids in products". The FA profile in total plasma lipids was determined by gas chromatography. Analysis of the fat component of the diet revealed an increased consumption of saturated fats and n-6 PUFAs relative to the recommended norms in both groups. In students, the consumption of essential n-3 eicosapentaenoic (EPA) and docosahexaenoic (DHA) acids was significantly lower compared to skiers (p = 0.013) and the recommended norm. A suboptimal fat diet was accompanied by an imbalance in the FA profile in the blood, in both groups. Cross-country skiers have significantly lower levels of saturated

myristic ( $p = 0.000$ ) and palmitic acids ( $p = 0.003$ ), which are within the reference values. The proportion of essential n-3 linolenic acid in the blood plasma of cross-country skiers is lower than that of students ( $p = 0.002$ ) and 2.2 times lower than the norm. The level of EPA in the blood in both groups was also reduced, and in students was almost 3 times more pronounced than in skiers ( $p = 0.000$ ). Thus, the consumption of n-3 PUFAs by athletes in accordance with the recommended norms does not cover their consumption for energy supply and physiological functions involved in intense physical exertion, and reduce the aerobic performance of the organism body. The results of the study can be applied in optimizing the diet and increasing the functional reserves and physical qualities of athletes and students.

*Keywords:* fatty acids, essential fats, nutrition, linolenic acid, eicosapentaenoic acid, docosahexaenoic acid, cross-country skiers, students.