

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2020.3.18>

УДК 614.4

Тип статьи: Обзор литературы / Review



Нутритивная поддержка в спорте: Часть I. Роль макронутриентов в повышении выносливости спортсменов (обзор зарубежной литературы)

М.М. Коростелева¹, И.В. Кобелькова², Р.А. Ханферьян^{3,*}

¹ ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности», Москва, Россия

² ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»,
Москва, Россия

³ ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Сбалансированный рацион питания и обоснованное включение в него специализированных пищевых продуктов играют ключевую роль в расширении адаптационного потенциала атлетов и влияют на эффективность тренировочного процесса. В обзоре рассматриваются современные научные данные, касающиеся потребностей спортсменов в пищевых веществах и энергии, для увеличения выносливости. Приводится сравнительная характеристика различных источников белка, углеводов, характеризуется значение жиров в спортивной практике, а также эффективность применения комбинаций различных макронутриентов при интенсивных физических нагрузках.

Ключевые слова: выносливость, спорт высоких достижений, макронутриенты, белки, углеводы, жиры

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: публикация подготовлена при поддержке программы РУДН «5-100».

Для цитирования: Коростелева М.М., Кобелькова И.В., Ханферьян Р.А. Нутритивная поддержка в спорте: Часть I. Роль макронутриентов в повышении выносливости спортсменов (обзор зарубежной литературы). *Спортивная медицина: наука и практика*. 2020;10(3):18–26. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2020.3.18>

Поступила в редакцию: 01.06.2020

Принята к публикации: 31.08.2020

Опубликована: 25.11.2020

* Автор, ответственный за переписку

Nutritional support in sports: Part I. The role of macronutrients in increasing of endurance of athletes (review of foreign literature)

Margarita M. Korosteleva¹, Irina V. Kobelkova², Roman A. Khanferyan^{3,*}

¹ All-Russian Research Institute of the Dairy Industry, Moscow, Russia

² Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia

³ Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

ABSTRACT

A balanced diet and intake of Specialized foodstuffs products play a key role in expanding the adaptive potential of athletes and affect the effectiveness of the training process. The review examines the current scientific evidence regarding the nutritional and energy needs of athletes to increase endurance. Comparative characteristics of various sources of protein, carbohydrates are given, the value of fats in sports practice, as well as the effectiveness of the use of combinations of various macronutrients during intense physical exertion are characterized.

Keywords: endurance, high performance sports, macronutrients, proteins, carbohydrates, fats

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest.

Funding: the publication was prepared with the support of the RUDN University "5-100" Program.

For citation: Korosteleva M.M., Kobelkova I.V., Khanferyan R.A. Nutritional support in sports: Part I. The role of macronutrients in increasing of endurance of athletes (review of foreign literature). *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2020;10(3):18–26 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2020.3.18>

Received: 1 June 2020

Accepted: 31 August 2020

Published: 25 November 2020

* Corresponding author

1. Введение

Оптимизация питания спортсменов, учитывающая фазное состояние организма, индивидуальные, возраст-но-половые и другие особенности, является важнейшей составляющей в медико-биологическом обеспечении не только спортивных сборных команд Российской Федерации, но и их резервного состава. Особое внимание должно быть уделено растущему поколению спортсменов. Полноценное оптимальное питание для всех указанных категорий спортсменов создает условия для максимальной физической работоспособности, повышает устойчивость организма к стрессам и воздействиям любых неблагоприятных факторов. Контроль за адекватностью питания, его оптимизация входят в структуру необходимых комплексных обследований и наблюдений за спортсменами, обеспечивающих своевременность выявления динамики здоровья и тренированности. Для повышения выносливости элитных спортсменов необходимо удовлетворять их потребности в энергии, макро- и микронутриентах, особенно в углеводах и белках, для поддержания массы тела, пополнения запасов гликогена и обеспечения восстановительных процессов в тканях после интенсивных тренировок в постсоревновательный период.

Обеспеченность энергией спортсменов, особенно высококвалифицированных («элитных»), играет ключевую роль в рационе питания, поскольку поддерживает оптимальное функционирование всех систем организма, определяет способность потреблять макроэлементы и микроэлементы, а также помогает управлять составом тела. Энергетические потребности спортсмена связаны с периодичностью тренировок и цикла соревнований, варьируют изо дня в день в течение годового плана спортивной деятельности в зависимости от изменений в объеме и интенсивности тренировок. Энергия поступает с приемом различных пищевых продуктов, в том числе специализированных (СПП), включая напитки и БАД для питания спортсменов. Между тем существуют и другие факторы, увеличивающие энергетические потребности, к которым относятся воздействие холода или жары, эмоциональные и иные виды стресса, высокогорная гипоксия при тренировках и соревнованиях в высокогорных условиях, некоторые физические травмы, прием некоторых лекарственных препаратов, кофеина, никотина, увеличение массы тела, фазы менструального цикла и другие. С другой стороны, потребности в энергии снижаются при сокращении времени и интенсивности тренировочного цикла, при старении, снижении массы тела и, возможно, фолликулярной фазы менструального цикла [1]. Энерготраты пропорциональны уровню физической активности спортсменов. Так, лица,

занимающиеся по общим фитнес-программам (например, выполняя упражнения в течение 30–40 мин в день 3 раза в неделю), могут, как правило, удовлетворять энергетические потребности, используя обычные пищевые продукты в структуре сбалансированного рациона. Их энерготраты могут быть в пределах 1800–2400 ккал в день или около 25–35 ккал/кг в день. Спортсмены, имеющие умеренный уровень тренировок (2–3 ч в день до 5–6 раз в неделю) или большой объем интенсивных тренировок (3–6 ч в день интенсивных тренировок по 1–2 тренировки в течение 5–6 дней в неделю), дополнительно затрачивают 600–1200 ккал/час и более [1, 2].

Для элитных спортсменов расход энергии во время тяжелых тренировок или соревнований может быть огромным. Например, расчетное расходование энергии для велосипедистов, участвующих в «Тур де Франс», равнялось 12 000 ккал/сут [3, 4]. Кроме того, потребность в калориях для спортсменов с высокой массой тела (например, 100–150 кг) может находиться в диапазоне от 6000–12 000 ккал/сут в зависимости от объема и интенсивности различных тренировочных занятий [3].

Энерготраты спортсменов могут быть рассчитаны в соответствии с рекомендациями Американского колледжа спортивной медицины [5]:

Пример расчета потребности в энергии (ПЭ)

Общая масса тела = 60 кг (МТ), 20 % ВЕ, 80 % мышечная масса тела (=48,0 кг ММТ), общие энерготраты (ОЭ) = 2400 ккал/сут, затраты энергии во время тренировки (ЭТ) = 500 ккал/сут.

$$\text{ПЭ} = (\text{ОЭ} - \text{ЭТ}) / \text{ММТ} = (2400 - 500) \text{ ккал/сутки} / 48,0 \text{ кг} = 39,6 \text{ ккал} / \text{ММТ/сут.}$$

Наряду с этим следует учитывать особенности трех типов энергопродукции, имеющих значительные различия:

- аэробная энергопродукция — в спортивных видах, требующих выносливости (марафон, лыжные гонки, шоссейные гонки и др.);
- анаэробная энергопродукция — способность выполнять мышечную работу в условиях кислородной недостаточности, которая реализуется преимущественно в видах спорта, требующих кратковременного выброса энергии (тяжелая атлетика, спринт и др.);
- смешанная анаэробная-аэробная энергопродукция, характерная для видов спорта с чередующимися нагрузками (спортивные единоборства, игровые виды спорта и др.).

При этом важнейшим соображением является то, что для удовлетворения потребностей каждого спортсмена в пищевых веществах и энергии необходим

индивидуальный подход. Высокая потребность в энергии и субстратах отмечается во время предсезонной подготовки и матчей, а умеренная во время тренировок в соревновательном сезоне; при этом планирование питания должно включать достаточное количество углеводов при умеренном энергетическом бюджете, а также удовлетворять потребности в белке [1–3]. Например, для увеличения выносливости современные рекомендации предлагают спортсменам потребление приблизительно 60 % углеводов, 15 % белка и 25 % жира от общей энергетической ценности рациона питания [4].

2. Роль белка в питании спортсменов

Рекомендуемое количество белка для поддержания положительного азотистого баланса и удовлетворения метаболических потребностей указывают в пределах 1,2–2,1 г/кг/сут [5–7]. Белок при физических нагрузках выступает в роли триггера и субстрата для синтеза сократительных мышечных волокон и метаболических белков, а также способствует структурным изменениям в связочном аппарате и костной ткани спортсменов [8, 9]. Исследования показывают, что стимуляция синтеза мышечных белков в ответ на даже однократную спортивную нагрузку происходит как минимум в течение 24 часов, при этом повышается чувствительность к включению белка, поступающего в организм из пищевых продуктов, в мышечные ткани [10].

Существуют исследования, показывающие, что потребление белка менее 1,6 г/кг массы тела/сут может привести к отрицательному азотному балансу у атлетов, тренирующих выносливость [6]. В других работах спортсменам, основным качеством которых должна быть выносливость, показано употребление белка на уровне не более 1,2–1,4 г/кг МТ/сут. Однако для спортсменов с более высокими потребностями в энергии может потребоваться относительно непродолжительное потребление белка до 2,5 г/кг/сут. В отчете Phillips [7] были обобщены результаты, касающиеся потребности в белке у спортсменов силовых видов спорта. Используя регрессионный подход, он пришел к выводу, что следует рекомендовать потребление белка в количестве 1,2 г/кг массы тела в день, а при включении верхнего предела 95 % доверительного интервала приближенное количество составляет 1,33 г/кгМТ/сут. Тем не менее международное общество питания спортсменов полагает, что для большинства разновидностей физических упражнений достаточно ежедневного потребления белка в диапазоне 1,4–2,0 г/кг/сут [11]. Имеются вместе с тем данные, что более высокое потребление белка (более 3,0 г/кг/сут) может оказывать положительное влияние на состав тела у спортсменов и высокие дозы белка в идеале должны быть равномерно распределены на каждые 3–4 часа в течение дня. Так, в оригинальных исследованиях ряда авторов, в которых спортсмены потребляли чрезвычайно высокое количество белка (3,4–4,4 г/кг/день), говорится об отсутствии

вредных эффектов [12–14]. Однако, несмотря на наличие исследований, демонстрирующих безопасность, все еще существует большой риск в отношении клинических последствий потребления высокого количества белка, особенно для функции почек и печени.

Улучшение состава тела за счет снижения массы жира и увеличения безжировой массы тела часто связано с повышением физической работоспособности спортсменов. В этом отношении во многих исследованиях указывается, что добавление к рациону питания белка приводит к значительным улучшениям мышечной массы тела по сравнению с контрольной группой спортсменов, получавших плацебо [15–18]. Andersen и соавт. [19] обследовали 22 здоровых мужчин, которые прошли 14-недельную программу силовых тренировок, дополняя рационы питания либо 25 г белковой смеси, либо 25 г углеводов. При этом в группе, получавшей белок, произошло значительное увеличение безжировой массы тела и площади поперечного сечения мышечных волокон как I, так и II типов по сравнению с изменениями, наблюдаемыми при потреблении углеводов. В метаанализе [20] говорится о среднем увеличении безжировой массы тела на 0,69 кг (95 % доверительный интервал: 0,47–0,91 кг) в группах, получавших белок, по сравнению с лицами, получавшими плацебо во время программы силовых тренировок. Авторы других обзоров [21, 22] подтверждают, что введение в рацион питания СПП, содержащих белок (15–25 г в течение 4–14 недель), при тренировках с нагрузкой увеличивает рост мышечной массы. Увеличение ежедневного потребления белка до 2,4 г/кгМТ/сут, т.е. до уровней, превышающих рекомендованную суточную норму, при ограничении суточной энергетической ценности рациона питания (снижение на 30–40 %) значительно снижает потерю жировой ткани, а также способствует поддержанию безжировой массы [23, 24]. Обращаем внимание, что повышенное потребление белка должно быть кратковременным.

Анализируя литературные данные многих исследователей по повышению в рационе белка во время силовых тренировок, Bosse и Dixon [25] выдвинули гипотезу о том, что потребление белка должно превышать на 59 % базовый уровень, чтобы произошли значительные изменения в безжировой массе тела. У молодых людей прием 20–30 г белка с высокой биологической ценностью до или после упражнений с нагрузкой оказывается достаточным для максимальной стимуляции синтеза мышечного белка [26]. В исследовании Masnaughton и соавт. установлено, что прием 40 г белка молочной сыворотки значительно увеличивает синтез мышечного белка [27].

Известно, что эссенциальные аминокислоты (ЭАК) в свободной форме, белки сои, молока, молочной сыворотки, казеинат и другие белковые гидролизаты способны активировать синтез мышц. Максимальная стимуляция этого синтеза, которая

приводит к увеличению чистой мышечной массы, является следствием увеличения паттерна и частоты повышенной концентрации ЭАК в крови, которая и модулирует синтез мышечной ткани [28].

Существует несколько методов определения качества белка, таких как структурные особенности, коэффициент эффективности белка, биологическая ценность, аминокислотный коэффициент усвояемости белка (PDCAAS) и индикаторное окисление аминокислот (IAAO). В конечном счете качество белка *in vivo* обычно определяется тем, насколько эффективно белок стимулирует прирост мышечной массы [29]. В целом исследования показали, что продукты, содержащие белки животного происхождения, содержат самый высокий процент ЭАК и приводят к синтезу белка и большей гипертрофии мышц после тренировки с нагрузками по сравнению с контролем — вегетарианским белком, в котором обычно отсутствует одна или несколько ЭАК [30]. Еще одно исследование указывает на то, что сывороточный белок молока имеет явное преимущество перед другими источниками белка, включая сою и казеин, по отношению к усилению синтеза мышечного белка [31].

В большинстве научных исследований изучали эффективность приема источников одного вида белка, но продолжают накапливаться доказательства того, что комбинирование источников белка может дать дополнительные преимущества [32]. Так, например, 10-недельное исследование лиц, тренировавшихся с нагрузками, проведенное Kerkick и соавт. [33], продемонстрировало, что комбинация 40 г белка молочной сыворотки (БМС) и 8 г казеина дает наибольшее увеличение безжировой массы по сравнению с комбинацией 40 г БМС, 5 г глутамина и 3 г СПП, содержащего комплекс разветвленных аминокислот (BCAA), а также приемом плацебо, содержавшего 48 г мальтодекстрина. А прием после тренировки более предпочтителен, чем до нее, для восстановления и повышения производительности. В 2013 году Reidys и соавт. [34] указали, что смесь сывороточного и соевого белков также увеличивала синтез мышечного белка в ранний период после приема продукта (0–2 ч) по сравнению с потреблением только сывороточного белка и адекватная концентрация аминокислот поддерживалась в крови более длительный период.

Свойства молочных белков особенно широко исследованы, что связано с их потенциально ключевой ролью в развитии выносливости спортсменов. Так, было показано, что употребление молока после упражнений ускоряет восстановление организма, увеличивает количество гликогена, улучшает состояние водного и белкового баланса, что в конечном счете приводит к увеличению прироста скелетных мышц. Кроме того, молочный белок имеет наивысшую оценку в рейтинговой системе

PDCAAS и в целом содержит наибольшее количество лейцина [35–38].

Время приема пищи, богатой белком, в течение дня также может повлиять на адаптацию к физическим нагрузкам. В исследованиях последних десятилетий было установлено, что синтез мышечных белков увеличивается примерно на 30–100 % при потреблении продуктов, содержащих высокое количество белка [39, 40]. После приема таких продуктов повышается синтез мышечных белков, что приводит к их положительному балансу. Концентрация ЭАК в крови регулирует скорость синтеза белка в мышцах в покое и после тренировки [41]. Интересно, что введение в рацион СПП, содержащего 15 г ЭАК и 30 г углеводов, приводит к большему анаболическому эффекту (увеличению фенилаланинового баланса), чем прием пищевых продуктов с макронутриентами, несмотря на тот факт, что оба пищевых набора содержали одинаковую дозу ЭАК [42].

Показатели синтеза мышечных белков в течение 30 минут после приема белка быстро повышаются до пикового уровня и поддерживаются на нем в течение трех часов, прежде чем начинают снижаться до базовых значений, даже если концентрация аминокислот в крови остается повышенной [43]. В другом исследовании прием 48 г белка молочной сыворотки здоровыми молодыми лицами мужского пола в течение 45–90 минут увеличивал в три раза скорость синтеза миофибриллярного белка, после чего наблюдалось медленное снижение синтеза до базового, при этом концентрация ЭАК в плазме оставалась значительно повышенной [44].

В ряде исследований показано, что прием изолированных ЭАК стимулирует синтез белка в той же степени, как и целый белок с тем же содержанием ЭАК [45, 46]. Например, Borsheim и соавт. [47] обнаружили, что 6 г ЭАК стимулировали синтез белка в два раза больше, чем смесь 3 г не ЭАК в сочетании с 3 г ЭАК. Paddon-Jones и соавт. [48] обнаружили, что продукт, содержащий 15 г ЭАК и имеющий энергетическую ценность 180 ккал, с более значительной скоростью стимулирует синтез белка, чем пищевые продукты с калорийностью 850 ккал при аналогичном содержании ЭАК.

3. Роль углеводов в питании спортсменов

Рекомендуемое суточное потребление углеводов, по многочисленным данным, составляет 5–12 г/кг МТ/день. Углеводы необходимы для восстановления резервного гликогена в мышечной ткани и печени, удовлетворения метаболических потребностей мышц, центральной нервной системы и других жизненно важных систем организма. Гликоген абсолютно необходим спортсменам для обеспечения потребности в энергии во время продолжительного тренировочного процесса. При этом верхний предел данного диапазона предназначен для тех спортсменов, которые тренируются с умеренной или высокой интенсивностью ($\geq 70\% \text{VO}_{2\text{max}}$) свыше 12 ч в неделю [49, 50]. В свете этих соображений уровни гликогена

в мышцах могут быть быстро и максимально восстановлены с помощью приема углеводов после тренировки. Было показано, что прием от 0,6 до 1,0 г/кг МТ в течение первых 30 минут после завершения тренировки и через каждые два часа в течение следующих четырех-шести часов способствует максимальному пополнению запасов гликогена [51]. Такие же положительные результаты были продемонстрированы при приеме 1,2 г/кг МТ углеводов через каждые 30 минут в течение 3,5-часового периода [52].

Прием углеводов в течение длительных упражнений средней или высокой интенсивности способен значительно улучшить выносливость. Хотя точный механизм, обеспечивающий эргогенные эффекты, до сих пор неясен, вероятно, это связано с сохранностью гликогена в скелетных мышцах, предотвращением истощения его количества в печени и последующего развития гипогликемии. При длительных 2–3-часовых физических упражнениях спортсменам рекомендуют употреблять углеводы в количестве 60 г/ч, то есть со скоростью 1,0–1,1 г/мин, чтобы обеспечить максимальные уровни окислительных процессов. Тем не менее хорошо тренированные на выносливость спортсмены, соревнующиеся дольше 2,5 ч, могут усваивать до 90 г/ч (1,5–1,8 г/мин) углеводов. Даже небольшое количество принимаемых во время тренировки углеводов может улучшить результаты при более коротких по продолжительности (45–60 минут) и более интенсивных тренировках (>75 % пикового поглощения кислорода). Чтобы поддержать быстрое пополнение запасов гликогена после тренировок, должен быть обеспечен прием спортсменами большого количества дополнительных углеводов (1,2 г/кг МТ/ч) [52].

Основной формой углеводов, в которой их обычно потребляют во время и после тренировок, являются полимеры глюкозы. Однако абсорбция глюкозы в желудочно-кишечном тракте может быть ограничена возможностями («пропускной способностью») транспортной системы глюкозы кишечника (SGLT1). Адсорбция фруктозы в кишечнике регулируется другой транспортной системой и в значительной степени зависит от GLUT5, в отличие от транспортеров SGLT1. Комбинированный прием глюкозы и фруктозы может еще больше увеличить общую доступность экзогенных углеводов и обеспечить более высокие скорости их окисления, тем самым улучшая показатели выносливости по сравнению с приемом только эквивалентных количеств глюкозы [53].

В других исследованиях отмечается, что сахара, содержащие фруктозу, ускоряют восстановление гликогена в печени после физической нагрузки и могут сократить время восстановления почти вдвое по сравнению с приемом только глюкозы. Поэтому спортсменам для быстрого восстановления во время многоступенчатых соревнований следует рассмотреть возможность употребления сахаров, содержащих фруктозу. Употребление углеводов

со скоростью более 1,2 г/кг МТ/час, по-видимому, повышает уровень восстановления запасов гликогена после тренировки и одновременно минимизирует желудочно-кишечные расстройства [54, 55].

Употребление СПП, содержащих комбинации углеводов и белков, — это традиционная стратегия, используемая для развития выносливости, а также для повышения эффективности упражнений, стимулирования выработки гликогена, сведения к минимуму повреждения мышц и обеспечения положительного азотистого баланса [56]. Кроме того, показано, что добавление белка к углеводам увеличивает скорость восстановления гликогена в периоды, когда необходимо быстрое восстановление, или если поступает неоптимальное количество углеводов, что может способствовать уменьшению симптомов повреждения мышц [57]. Rustad и соавт. [58] также сообщили, что добавление белка (0,4 г/кг МТ/ч) к углеводам (0,8 г/кг МТ/ч) в течение 2 ч после завершения начального цикла велотренировок привело к значительному увеличению спортивной продуктивности на следующий день тренировочного процесса по сравнению с приемом только углеводов. В серии исследований, опубликованных Bird и соавт. [59, 60], изучалось влияние потребления различных комбинаций углеводов и аминокислот АК на показатели работоспособности, гормональных реакций и уровней циркулирующих белков крови, характеризующих повреждение мышц. В одном из указанных исследований [59] 32 участника были распределены в группы для регулярного приема либо 6 % раствора углеводов, либо 6 % раствора углеводов + 6 г ЭАК, либо плацебо без пищевых веществ в течение 60-минутных интенсивных тренировок. Результаты этого исследования показали, что уровни кортизола в сыворотке крови снижались при приеме внутрь 6 % раствора углеводов или 6 % углеводов + 6 г раствора ЭАК по сравнению с приемом плацебо; также сообщалось, что уровень маркеров распада мышечного белка в моче снижался на 27 %, когда потреблялась комбинация углеводов + ЭАК, тогда как в группе плацебо наблюдалось их увеличение на 56 %. Предполагается, что комбинации углеводов и белков во время интенсивных тренировок способствует синтезу мышечного белка за счет повышения реакции на инсулин. В частности, инсулин способствует антикатаболическим эффектам в мышцах [61], тем самым сдвигая белковый баланс в пользу анаболизма.

Остается актуальным вопрос о том, как размер, состав и время приема пищи перед тренировкой могут влиять на степень адаптации. В частности, в исследовании с использованием напитков, содержащих белки, потребляемых за 30 минут до сна, было показано его благоприятное воздействие на синтез мышечного белка, восстановление мышц и общий метаболизм [62]. В другом исследовании показано, что прием 30–40 г казеинового белка за 30 минут до сна [63] увеличивает мышечную массу в течение ночи.

Таблица 1
Углеводы: стратегии в зависимости от стадии тренировочного процесса (модифицировано из [5])

Table 1

Carbohydrates: strategies depending on the stage of the training process (modified from [5])

Стратегии приема углеводов / Carbohydrate ingestion strategies			
Время обычного приема углеводов / Time of regular carbohydrate intake	<90 мин до начала тренировки / <90 min before training	7–12 г/кг/сутки для покрытия дневной нормы углеводов / 7–12 g/kg/day to cover daily carbohydrate intake	Примечания / Notes Спортсмены могут употреблять обогащенную углеводами пищу с низким содержанием пищевых волокон, комфортную для кишечника / Athletes can eat carbohydrate-fortified, low-fiber foods that are gut-friendly Полезен частый прием легких закусок, богатых углеводами / Frequent carbohydrate snacks are healthy Время приема, количество и частота должны соответствовать поставленным задачам и пищевым пристрастиям / Time of intake, quantity and frequency should be appropriate for the tasks and food habits Избегать приема богатых жирами / белками / пищевыми волокнами продуктов / Avoid eating foods rich in fat / protein / fiber Продукты с низким гликемическим индексом предпочтительны в случаях, когда углеводы невозможно принимать в полном объеме в тренировочный период / Low glycemic index foods are preferred when carbohydrates cannot be taken in full during training period
Углеводная нагрузка / Carbohydrate load	>90 мин до умеренной/прерывистой тренировки / > 90 min before moderate / intermittent training	10–12 г/кг/сутки в течение 36–48 час / 10–12 g/kg/day during 36–48 hours	
Быстрое насыщение углеводами / Fast carbohydrate saturation	<8 часов перерыва между двумя приемами углеводов / <8 hours break between two carbohydrate intakes	1–1,2 г/кг/час в первые 4 часа и далее дополнить до дневной нормы / 1–1.2 g/kg hour in the first 4 hours and then reach the daily intake	

Разработка стратегии приема углеводов в различные тренировочные фазы — крайне важный вопрос спортивной результативности и здоровья спортсменов. В таблице 1 представлены принципы назначения углеводов, разработанные диетологами Канады и Американского колледжа спортивной медицины.

4. Роль жиров в питании спортсменов

Питание здорового человека должно обеспечивать умеренное количество энергии, вырабатываемой организмом из потребленного жира (от 20 до 25 %). Для здоровья или физической активности человека употребление рациона, содержащего жира менее 15 % от калорийности рациона, малоэффективно. Потребление жиров в диапазоне от 1,0 до 1,5 г/кг МТ/сут является достаточным, хотя при определенных условиях спортсменам может потребоваться потребление жиров, близкое к 2,0 г/кг МТ/сут [1, 7]. Один из подходов к потреблению макроэлементов для изменения метаболических процессов в пользу окисления жиров — это использование кетогенных диет. Они традиционно связаны с существенными изменениями соотношения жиры : белки или жиры : углеводы, равному 4:1. Также имеются данные, что модифицированные кетогенные диеты (70 % потребления энергии из жиров) увеличивают метаболизм жиров [64], но могут быть более устойчивы по сравнению с традиционными кетогенными подходами.

Были изучены различные кетогенные стратегии (например, циклическое, прерывистое голодание), приводящие к увеличению выработки кетонов и последующего

их окисления (кетоз 0,5–3,0 ммоль/л). Ранее исследования у спортсменов, тренирующих выносливость, продемонстрировали потенциальные эргогенные эффекты краткосрочной кетогенной диеты. Тем не менее было показано, что кетогенные диеты снижают мышечный гликолиз [65]. В группе бегунов после 3-часового бега на беговой дорожке с субмаксимальной нагрузкой кетогенная диета способствовала скорости окисления жира (примерно 1,2 г/мин), что значительно выше, чем у лиц, которые пользовались диетой с высоким содержанием углеводов (0,75 г/мин) [66]. Кроме того, кетогенные диеты приводили к развитию острой негативной симптоматики, включая усталость, головные боли, плохую концентрацию внимания, сонливость, дискомфорт в ЖКТ, тошноту и снижение массы тела.

Исследования, проведенные на лабораторных животных, указывают на потенциальную пользу включения в рацион среднецепочечных триглицеридов для усиления митохондриального биогенеза, тем самым повышая показатели выносливости [67]. В другой работе было показано, что сложный эфир кетона (500 мг/кг) увеличивал концентрацию бета-гидроксипропионата (D-βHB) до уровней, наблюдаемых при пищевом кетозе (~3 ммоль/л), и окисление жира в мышечной ткани даже при наличии максимальных депонированных запасов гликогена или при приеме внутрь эфира кетона с углеводами [68]. Более того, такие метаболические изменения приводили к значительному (2 %) увеличению выносливости, хотя это происходило во время упражнений продолжительностью до 120 минут.

Таким образом, нутритивная поддержка спортсменов для повышения их выносливости во многом зависит не только от соотношения принимаемых макронутриентов, но и от сбалансированности рациона по энергетической ценности, что является ключевым фактором

Вклад авторов:

Коростелева Маргарита Михайловна, Кобелькова Ирина Витальевна — подбор литературы, обработка информации и написание статьи.

Ханферьян Роман Авакович — написание и редактирование статьи.

в повышении адаптационного потенциала атлетов и влияет на эффективность тренировочного процесса. При этом нутритивная поддержка должна учитывать особенности фаз и нагрузок тренировочного процесса, а также периодов спортивной активности спортсменов.

Authors' contributions:

Margarita M. Korosteleva, Irina V. Kobelkova — selection of literature, information processing and article writing.

Roman A. Khanferyan — writing and editing an article.

Список литературы / References

1. Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *J Am Diet Assoc.* 2000;100(12):1543–1556. [https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(00\)00428-4](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(00)00428-4)
2. Stellingwerff T., Maughan R.J., Burke L.M. Nutrition for Power Sports: Middle-Distance Running, Track Cycling, Rowing, Canoeing/Kayaking, and Swimming. *J Sports Sci.* 2011;29(1):S79–S89. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.589469>
3. Holway F.E., Spriet L.L. Sport-specific Nutrition: Practical Strategies for Team Sports. *J Sports Sci.* 2011;29(1):S115–S125. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.605459>
4. Tiller N.B., Roberts J.D., Beasley L., Chapman S., Pinto J.M., Smith L., et al. International Society of Sports Nutrition Position Stand: nutritional considerations for single-stage ultramarathon training and racing. *J Int Soc Sports Nutr.* 2019;16(1):50. <https://doi.org/10.1186/s12970-019-0312-9>
5. Thomas D.T., Erdman K.A., Burke L.M. Position of the academy of nutrition and dietetics, dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: nutrition and athletic performance. *J Acad Nutr Diet.* 2016;116(3):501–528. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.12.006>
6. Kato H., Suzuki K., Bannai M., Moore D.R. Protein requirements are elevated in endurance athletes after exercise as determined by the Indicator amino acid oxidation method. *PLoS One.* 2016;11(6):e0157406. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157406>
7. Phillips S.M. Protein requirements and supplementation in strength sports. *Nutrition.* 2004;20(7–8):689–695. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2004.04.009>
8. Phillips S.M., Van Loon L.J. Dietary protein for athletes: from requirements to optimum adaptation. *J Sports Sci.* 2011;29(1):S29–S38. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.619204>
9. Phillips S.M. Dietary protein requirements and adaptive advantages in athletes. *Br J Nutr.* 2012;108(S2):S158–S167. <https://doi.org/10.1017/S0007114512002516>
10. Burd N.A., West D.W., Moore D.R., Atherton P.J., Staples A.W., Prior T., et al. Enhanced amino acid sensitivity of myofibrillar protein synthesis persists for up to 24 h after resistance exercise in young men. *J Nutr.* 2011;141(4):568–573. <https://doi.org/10.3945/jn.110.135038>
11. Jäger R., Kerksick C.M., Campbell B.I., Cribb P.J., Wells S.D., Skwiat T.M., et al. International Society of Sports Nutrition Position Stand: protein and exercise. *J Int Soc Sports Nutr.* 2017;14(1):20. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0177-8>
12. Antonio J., Ellerbroek A., Silver T., Orris S., Scheiner M., Gonzalez A., Peacock C.A. A high protein diet (3.4 g/kg/d) combined with a heavy resistance training program improves body composition in healthy trained men and women—a follow-up investigation. *J Int Soc Sports Nutr.* 2015;12(1):39. <https://doi.org/10.1186/s12970-015-0100-0>
13. Antonio J., Ellerbroek A., Silver T., Vargas L., Tamayo A., Buehn R., Peacock C.A. A high protein diet has no harmful effects: a one-year crossover study in resistance-trained males. *J Nutr Metab.* 2016;2016:9104792. <https://doi.org/10.1155/2016/9104792>
14. Wolfe R.R., Cifelli A.M., Kostas G., Kim Il-Young. Optimizing protein intake in adults: interpretation and application of the recommended dietary allowance compared with the acceptable macronutrient distribution range. *Adv Nutr.* 2017;8(2):266–275. <https://doi.org/10.3945/an.116.013821>
15. Cribb P.J., Williams A.D., Stathis C.G., Carey M.F., Hayes A. Effects of whey isolate, creatine, and resistance training on muscle hypertrophy. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(2):298–307. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000247002.32589.ef>
16. Kukuljan S., Nowson C.A., Sanders K., Daly R.M. Effects of resistance exercise and fortified milk on skeletal muscle mass, muscle size, and functional performance in middle-aged and older men: an 18-mo randomized controlled trial. *J Appl Physiol* (1985). 2009;107(6):1864–1873. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00392.2009>
17. Hulmi J.J., Kovanen V., Selanne H., Kraemer W.J., Hakkinen K., Mero A.A. Acute and long-term effects of resistance exercise with or without protein ingestion on muscle hypertrophy and gene expression. *Amino Acids.* 2009;37(2):297–308. <https://doi.org/10.1007/s00726-008-0150-6>
18. Josse A.R., Tang J.E., Tarnopolsky M.A., Tarnopolsky M.A., Phillips S.M. Body composition and strength changes in women with milk and resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42(6):1122–1130. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181c854f6>
19. Andersen L.L., Tufekovic G., Zebis M.K., Cramer R.M., Verlaan G., Kjaer M., et al. The effect of resistance training combined with timed ingestion of protein on muscle fiber size and muscle strength. *Metabolism.* 2005;54(2):151–156. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2004.07.012>
20. Cermak N.M., Res P.T., De Groot L.C., Saris W.M.H., van Loon L.J.C. Protein supplementation augments the adaptive response of skeletal muscle to resistance-type exercise training: a meta-analysis. *Am J Clin Nutr.* 2012;96(6):1454–1464. <https://doi.org/10.3945/ajcn.112.037556>
21. Phillips S.M. The science of muscle hypertrophy: making dietary protein count. *Proc Nutr Soc.* 2011;70(1):100–103. <https://doi.org/10.1017/S002966511000399X>
22. Pasiakos S.M., Mclellan T.M., Lieberman H.R. The effects of protein supplements on muscle mass, strength, and aerobic and anaerobic power in healthy adults: a systematic review. *Sports Med.* 2015;45(1):111–131. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0242-2>
23. Kreider R.B., Serra M., Beavers K.M., Moreillon J., Kresta J.Y., Byrd M., et al. A structured diet and exercise program promotes favorable changes in weight loss, body composition, and weight maintenance. *J Am Diet Assoc.* 2011;111(6):828–843. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2011.03.013>

24. **Kerksick C., Thomas A., Campbell B., Taylor L., Wilborn C., Marcello B., et al.** Effects of a popular exercise and weight loss program on weight loss, body composition, energy expenditure and health in obese women. *Nutr Metab (Lond)*. 2009;6:23. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-6-23>
25. **Bosse J.D., Dixon B.M.** Dietary protein to maximize resistance training: a review and examination of protein spread and change theories. *J Int Soc Sports Nutr*. 2012;9(1):42. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-9-42>
26. **Tipton K.D.** Role of protein and hydrolysates before exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2007;17(S1):S77–S86. <https://doi.org/10.1123/ijnsnem.17.s1.s77>
27. **Macnaughton L.S., Wardle S.L., Witard O.C., McGlorey C., Hamilton D.L., Jeromson S., et al.** The response of muscle protein synthesis following whole-body resistance exercise is greater following 40 g than 20 g of ingested whey protein. *Physiol Rep*. 2016;4(15):e12893. <https://doi.org/10.14814/phy2.12893>
28. **Tang J.E., Moore D.R., Kujbida G.W., Tarnopolsky M.A., Phillips S.M.** Ingestion of whey hydrolysate, casein, or soy protein isolate: effects on mixed muscle protein synthesis at rest and following resistance exercise in young men. *J Appl Physiol* (1985). 2009;107(3):987–992. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00076.2009>
29. **Lemon P.W.** Beyond the zone: protein needs of active individuals. *J Am Coll Nutr*. 2000;19(5):513S–521S. <https://doi.org/10.1080/07315724.2000.10718974>
30. **Katsanos C.S., Chinkes D.L., Paddon-Jones D., Zhang X.J., Aarsland A., Wolfe R.R.** Whey protein ingestion in elderly persons results in greater muscle protein accrual than ingestion of its constituent essential amino acid content. *Nutr Res*. 2008;28(10):651–658. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2008.06.007>
31. **West D.W., Burd N.A., Coffey V.G., Baker S. K., Burke L.M., Hawley J. A., et al.** Rapid aminoacidemia enhances myofibrillar protein synthesis and anabolic intramuscular signaling responses after resistance exercise. *Am J Clin Nutr*. 2011;94(3):795–803. <https://doi.org/10.3945/ajcn.111.013722>
32. **Paul G.L.** The rationale for consuming protein blends in sports nutrition. *J Am Coll Nutr*. 2009;28(4):464S–472S. <https://doi.org/10.1080/07315724.2009.10718113>
33. **Kerksick C.M., Rasmussen C.J., Lancaster S.L., Magu B., Smith P., Melton C., et al.** The effects of protein and amino acid supplementation on performance and training adaptations during ten weeks of resistance training. *J Strength Cond Res*. 2006;20(3):643–653. <https://doi.org/10.1519/R-17695.1>
34. **Reidy P.T., Walker D.K., Dickinson J.M., Gundermann D.M., Drummond M.J., Timmerman K.L., et al.** Protein blend ingestion following resistance exercise promotes human muscle protein synthesis. *J Nutr*. 2013;143(4):410–416. <https://doi.org/10.3945/jn.112.168021>
35. **Cockburn E., Stevenson E., Hayes P.R., Robson-Ansley P., Howatson G.** Effect of milk-based carbohydrate-protein supplement timing on the attenuation of exercise-induced muscle damage. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2010;35(3):270–277. <https://doi.org/10.1139/H10-017>
36. **Wojcik J.R., Walber-Rankin J., Smith L.L., Gwazdauskas F.C.** Comparison of carbohydrate and milk-based beverages on muscle damage and glycogen following exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2001;11(4):406–419. <https://doi.org/10.1123/ijnsnem.11.4.406>
37. **Hartman J.W., Tang J.E., Wilkinson S.B., Tarnopolsky M.A., Lawrence R.L., Fullerton A.V., et al.** Consumption of fat-free fluid milk after resistance exercise promotes greater lean mass accretion than does consumption of soy or carbohydrate in young, novice, male weightlifters. *Am J Clin Nutr*. 2007;86(2):373–381. <https://doi.org/10.1093/ajcn/86.2.373>
38. **Norton L., Wilson G.J.** Optimal protein intake to maximize muscle protein synthesis. *Agro Food Industry Hi-Tech*. 2009;20:54–57.
39. **Rennie MJ, Bohe J, Wolfe RR.** Latency, duration and dose response relationships of amino acid effects on human muscle protein synthesis. *J Nutr*. 2002;132:3225S–3227S.
40. **Burd N.A., Yang Y., Moore D.R., Tang J.E., Tarnopolsky M.A., Phillips S.M.** Greater stimulation of myofibrillar protein synthesis with ingestion of whey protein isolate v. Micellar casein at rest and after resistance exercise in elderly men. *Br J Nutr*. 2012;108(6):958–962. <https://doi.org/10.1017/S0007114511006271>
41. **Coffey V.G., Moore D.R., Burd N.A., Rerечich T., Stellingwerff T., Garnham A.P., et al.** Nutrient provision increases signaling and protein synthesis in human skeletal muscle after repeated sprints. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111(7):1473–1483. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1768-0>
42. **Paddon-Jones D., Sheffield-Moore M., Aarsland A., Wolfe R.R., Ferrando A.A.** Exogenous amino acids stimulate human muscle anabolism without interfering with the response to mixed meal ingestion. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2005;288(4):E761–E767. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00291.2004>
43. **Bohe J., Low J.F., Wolfe R.R., Rennie M.J.** Latency and duration of stimulation of human muscle protein synthesis during continuous infusion of amino acids. *J Physiol*. 2001;532(2):575–579. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.0575f.x>
44. **Atherton P.J., Etheridge T., Watt P.W., Wilkinson D., Selby A., Rankin D., et al.** Muscle full effect after oral protein: time-dependent concordance and discordance between human muscle protein synthesis and mtorc1 signaling. *Am J Clin Nutr*. 2010;92(5):1080–1088. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2010.29819>
45. **Katsanos C.S., Chinkes D.L., Paddon-Jones D., Zhang X.J., Aarsland A., Wolfe R.R.** Whey protein ingestion in elderly persons results in greater muscle protein accrual than ingestion of its constituent essential amino acid content. *Nutr Res*. 2008;28(10):651–658. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2008.06.007>
46. **Phillips S.M., Tipton K.D., Aarsland A., Wolf S.E., Wolf R.R.** Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *Am J Phys*. 1997;273(1 Pt 1):E99–107. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1997.273.1.E99>
47. **Borsheim E., Tipton K.D., Wolf S.E., Wolfe R.R.** Essential amino acids and muscle protein recovery from resistance exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2002;283(4):E648–E657. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00466.2001>
48. **Paddon-Jones D., Sheffield-Moore M., Aarsland A., Wolfe R.R., Ferrando A.A.** Exogenous amino acids stimulate human muscle anabolism without interfering with the response to mixed meal ingestion. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2005;288(4):E761–E767. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00291.2004>
49. **Howarth K.R., Moreau N.A., Phillips S.M., Gibala M.J.** Coingestion Of Protein With Carbohydrate During Recovery From Endurance Exercise Stimulates Skeletal Muscle Protein Synthesis In Humans. *J Appl Physiol* (1985). 2009;106(4):1394–1402. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.90333.2008>
50. **Van Loon L., Saris W.H., Kruijschoop M., Wagenmakers A.J.** Maximizing Postexercise Muscle Glycogen Synthesis: Carbohydrate Supplementation And The Application Of Amino Acid Or Protein Hydrolysate Mixtures. *Am J Clin Nutr*. 2000;72(1):106–111. <https://doi.org/10.1093/ajcn/72.1.106>

51. Jentjens R., Jeukendrup A. Determinants Of Post-Exercise Glycogen Synthesis During Short-Term Recovery. *Sports Med.* 2003;33(2):117–144. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333020-00004>
52. Cermak N.M., van Loon L.J.C. The Use of Carbohydrates During Exercise as an Ergogenic Aid. *Sports Med.* 2013;43(11):1139–1155. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0079-0>
53. Fuchs C.J., Gonzalez J.T., van Loon L.J.C. Fructose Co-Ingestion to Increase Carbohydrate Availability in Athletes. *J Physiol.* 2019;597(14):3549–3560. <https://doi.org/10.1113/JP277116>
54. Gonzalez J.T., Betts J.A. Dietary Sugars, Exercise and Hepatic Carbohydrate Metabolism. *Proc Nutr Soc.* 2019 May;78(2):246–256. <https://doi.org/10.1017/S0029665118002604>
55. Gonzalez J.T., Fuchs C.J., Betts J.A., van Loon L.J.C. Glucose Plus Fructose Ingestion for Post-Exercise Recovery-Greater Than the Sum of Its Parts? *Nutrients.* 2017;9(4):344. <https://doi.org/10.3390/nu9040344>
56. Alghannam A.F., Gonzalez J.T., Betts J.A. Restoration of Muscle Glycogen and Functional Capacity: Role of Post-Exercise Carbohydrate and Protein Co-Ingestion. *Nutrients.* 2018;10(2):253. <https://doi.org/10.3390/nu10020253>
57. Mclellan T.M., Pasiakos S.M., Lieberman H.R. Effects Of Protein In Combination With Carbohydrate Supplements On Acute Or Repeat Endurance Exercise Performance: A Systematic Review. *Sports Med.* 2014;44(4):535–550. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0133-y>
58. Rustad P.L., Sailer M., Cumming K.T., Jeppesen P.B., Kolnes K.J., Sollie O., et al. Intake Of Protein Plus Carbohydrate During The First Two Hours After Exhaustive Cycling Improves Performance The Following Day. *PLoSOne.* 2016;11(4):E0153229. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153229>. eCollection 2016
59. Bird S.P., Mabon T., Pryde M., Feebrey S., Cannon J. Tri-phasic Multinutrient Supplementation During Acute Resistance Exercise Improves Session Volume Load And Reduces Muscle Damage In Strength-Trained Athletes. *Nutr Res.* 2013;33(5):376–387. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2013.03.002>
60. Bird S.P., Tarpenning K.M., Marino F.E. Independent And Combined Effects Of Liquid Carbohydrate/Essential Amino Acid Ingestion On Hormonal And Muscular Adaptations Following Resistance Training In Untrained Men. *Eur J Appl Physiol.* 2006;97(2):225–238. <https://doi.org/10.1007/s00421-005-0127-z>
61. Abdulla H., Smith K., Atherton P.J., Idris I. Role Of Insulin In The Regulation Of Human Skeletal Muscle Protein Synthesis And Breakdown: A Systematic Review And Meta-Analysis. *Diabetologia.* 2016;59(1):44–55. <https://doi.org/10.1007/s00125-015-3751-0>
62. Kinsey A.W., Ormsbee M.J. The Health Impact Of Night-time Eating: Old And New Perspectives. *Nutrients.* 2015;7(4):2648–2662. <https://doi.org/10.3390/nu7042648>
63. Res P., Groen B., Pennings B., Beelen M., Wallis G.A., Gijzen A.P., et al. Protein Ingestion Before Sleep Improves Postexercise Overnight Recovery. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44(8):1560–1569. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31824cc363>
64. Phinney S.D., Bistrian B.R., Evans W.J., Gervino E., Blackburn G.L. The human metabolic response to chronic ketosis without caloric restriction: preservation of submaximal exercise capability with reduced carbohydrate oxidation. *Metabolism.* 1983;32(8):769–776. [https://doi.org/10.1016/0026-0495\(83\)90106-3](https://doi.org/10.1016/0026-0495(83)90106-3)
65. Cox P.J., Kirk T., Ashmore T., Willerton K., Evans R., Smith A., et al. Nutritional ketosis alters fuel preference and thereby endurance performance in athletes. *Cell Metab.* 2016;24(2):256–268. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2016.07.010>
66. Volek J.S., Freidenreich D.J., Saenz C., Kunces L.J., Creighton B.C., Bartley J.M., et al. Metabolic characteristics of keto-adapted ultra-endurance runners. *Metabolism.* 2016;65(3):100–110. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2015.10.028>
67. Wang Y., Liu Z., Han Y., Xu J., Huang W., Li Z. Medium chain triglycerides enhances exercise endurance through the increased mitochondrial biogenesis and metabolism. *PLoSOne.* 2018;13(2):e0191182. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191182>
68. Cox P.J., Clarke K. Acute nutritional ketosis: implications for exercise performance and metabolism. *Extrem Physiol Med.* 2014;3:17. <https://doi.org/10.1186/2046-7648-3-17>

Информация об авторах:

Коростелева Маргарита Михайловна, к.м.н., старший научный сотрудник ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности», 109240, Россия, Москва, Устьинский проезд, 2/14. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2279-648X> (+7 (985) 567-78-22, korostel@bk.ru)

Кобелькова Ирина Витальевна, к.м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории спортивной антропологии и нутрициологии ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», 109240, Россия, Москва, Устьинский проезд, 2/14. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1237-5147> (+7 (910) 406-40-31, irinavit66@mail.ru)

Ханферьян Роман Авакович*, профессор, д.м.н., профессор кафедры иммунологии и аллергологии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», 117198, Россия, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1178-7534> (+7 (916) 927-02-36, khanfer1949@gmail.com)

Information about the authors:

Margarita M. Korosteleva, Ph.D., Senior Researcher, All-Russian Research Institute of the Dairy Industry, 2/14, Ustinsky proezd, Moscow, 109240, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2279-648X> (+7 (985) 567-78-22, korostel@bk.ru)

Irina V. Kobel'kova, Ph.D., Leading Researcher, Laboratory of Sports Anthropology and Nutrition, Federal Research Center of Nutrition and Biotechnology and Food Safety, 2/14, Ustinsky proezd, Moscow, 109240, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1237-5147> (+7 (910) 406-40-31, irinavit66@mail.ru)

Roman A. Khanferyan*, Professor, D.M.Sci., Professor, Department of Immunology and Allergology, Peoples' Friendship University of Russia, 6, str. Miklouho-Maclay, Moscow, 117198, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1178-7534> (+7 (916) 927-02-36, khanfer1949@gmail.com)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author