

Углеводы в спорте высших достижений: стабильность и инновации использования

Александр Дмитриев¹, Лариса Гунина²

¹Ассоциация парентерального и энтерального питания, Клиника Российской академии наук, Санкт-Петербург, Российская Федерация

²Национальный антидопинговый центр, Киев, Украина

Carbohydrates in elite sport: stability and innovations of usage

Aleksandr Dmitriyev, Larisa Gunina

ABSTRACT. *Objective.* To form modern ideas about carbohydrates as macronutrients with a diverse function in the athlete's body. *Methods.* Analysis and generalization of scientific and methodological literature data on the subject under study, as well as analysis of the results of reference databases.

Results. The review article provides a modern classification of carbohydrates according to the criteria of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). The article considers the effect of different types of carbohydrates on the main metabolic processes and integral indices of the state of organs and systems during physical loads, highlights the role of carbohydrates in regulating the athlete's intestinal microbiome and provides recommendations on the real daily carbohydrate consumption in various sports events. Emphasis is placed on the fact that currently, skilled athletes specializing in various sports are deficient in carbohydrates in the diet from 360% of the required daily consumption in rowing, kayaking and canoeing to 915% in handball. New types of carbohydrates (highly branched cyclic dextrin) that support the body immune function in the dynamics of the training process as well as positively affect the severity of stress responses mediated by training and competitive loads are described.

Conclusions. Therefore, carbohydrates are not only macronutrients, providing the overwhelming amount of energy entering the body, but also have an immunotropic, probiotic and regulatory function, which induces the need for correction of carbohydrate rations in the direction of increasing their average daily intake in accordance with recommendations of reputable expert organizations.

Keywords: elite sport, carbohydrates, daily requirement, immunotropic features, new carbohydrate sources.

Вуглеводи в спорті вищих досягнень: стабільність і інновації використання

Олександр Дмитрієв, Лариса Гуніна

АНОТАЦІЯ. *Мета.* Сформулювати сучасні уявлення про вуглеводи як макронутрієнти з різноманітною функцією в організмі спортсмена.

Методи. Аналіз і узагальнення результатів науково-методичної літератури та реферативних баз даних з досліджуваного питання.

Результати. Найбільш значущим джерелом енергії, передусім, для всіх збудливих тканин (м'язової і нервової), є вуглеводи. В організм спортсмена вуглеводи надходять з продуктами харчування, у вигляді дієтичних (харчових) добавок в комплексі з протеїнами і/або жирами, а також у складі спортивних напоїв. У роботі представлено сучасну класифікацію вуглеводів, засновану на врахуванні розміру молекули, рівня полімеризації, типу зв'язку в молекулі та на характеристичі окремих мономерів. Розглянуто вплив різних типів вуглеводів на основні обмінні процеси й інтегральні показники організму при фізичних навантаженнях. Висвітлено роль вуглеводів в регуляції стану мікробіома кишечника, а також дано рекомендації щодо добового споживання вуглеводів спортсменами. Рекомендації враховують важливий з наукової та практичної точок зору для поповнення балансу вуглеводів такий показник раціону спортсменів (регулярної дієти), як глікемічний індекс. Зроблено акцент на тому, що зараз кваліфіковані атлети відчувають дефіцит вуглеводів у раціоні від 360 до 915 %. Поповнення загальної потреби у вуглеводах у спортсменів має враховувати як базові показники (кількість протягом дня), так і забезпечення вуглеводами в процесі тренувань і змагань (швидка метаболічна оптимізація).

Висновок. Таким чином, вуглеводи не тільки є макронутрієнтами, котрі забезпечують переважну кількість енергії, що надходить в організм, а й мають імунотропну, пробіотичну і регуляторну функції, що викликає потребу корекції раціонів за вуглеводами в бік збільшення їх середньодобового споживання.

Ключові слова: спорт вищих досягнень, вуглеводи, добова потреба, імунотропні властивості, нові джерела вуглеводів.

Постановка проблемы. Согласно современной классификации, выделяют шесть групп питательных веществ, или нутриентов [1]. В свою очередь они подразделяются на макронутриенты (белки, жиры, углеводы, вода) и микронутриенты (витамины и минералы). Все нутриенты в равной степени необходимы для поддержания гомеостатического равновесия в организме в динамике интенсивных физических нагрузок и имеют свое четко выраженное предназначение [9] в качестве пластических либо энергетических субстратов или кофакторов биохимических реакций [7, 8, 12, 27–29].

С этой точки зрения, наиболее значимым источником энергии, прежде всего, для всех возбудимых тканей (мышечной и нервной), являются углеводы. Они поступают в организм спортсмена с продуктами питания, в виде диетических (пищевых) добавок в комплексе с протеинами и/или жирами, а также в составе спортивных напитков. Кроме обеспечения энергией, углеводы регулируют чувство насыщения, уровень глюкозы и инсулина плазмы крови, метаболизм липидов, функцию тонкого и толстого кишечника (микробиом, пристеночное пищеварение, состояние эндотелия и др.) [16], а также являются одними из необходимых макронутриентов с доказанной ролью для поддержания иммунитета [3].

Цель исследования – сформировать современные представления о роли углеводов в организме и возможностях коррекции их содержания с помощью пищевых добавок при нагрузках различной длительности и интенсивности у квалифицированных спортсменов.

Методы исследования: анализ и синтез научно-методической литературы, а также данных сети Интернет по изучаемому вопросу.

Классификация пищевых углеводов. Углеводы, поступающие в организм с пищей и пищевыми добавками, отличаются большим разнообразием [16]. Пер-

вичная классификация пищевых углеводов дана FAO (Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН – англ. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*) в 1998 г. на основе заключения Экспертного консультативного совета и основана на учете размера молекулы, уровня полимеризации, типа связи в молекуле (α - или иной, не α -тип) и характеристики отдельных мономеров (табл. 1).

Ряд авторов рассматривают влияние разных типов углеводов на основные обменные процессы и интегральные показатели состояния органов и систем. С этих позиций для каждой группы сахаров, хотя, с нашей точки зрения, такое деление является достаточно условным, выделяют некоторые ведущие эффекты [16]:

- для моносахаридов, дисахаридов и мальтодекстрина – обеспечение энергией, транзиторная гипергликемия и увеличение абсорбции ионов Ca^{2+} ;
- для полиолов – обеспечение энергией и образование короткоцепочечных жирных кислот;
- для неглюкановых олигосахаридов – обеспечение энергией, увеличение абсорбции ионов Ca^{2+} , образование короткоцепочечных жирных кислот, пребиотическая функция, иммуномодулирующее действие;
- для крахмалов – обеспечение энергией, транзиторная гипергликемия, образование короткоцепочечных жирных кислот и модификация стула.

Очень важным для восполнения баланса углеводов с научной и практической точки зрения является такой показатель рациона спортсменов (регулярной диеты), как гликемический индекс (ГИ, GI). ГИ отражает влияние после перорального приема конкретного продукта, в том числе в составе традиционного питания, на уровень глюкозы в плазме крови по сравнению с эффектом приема глюкозы (ГИ = 100). Остальные продукты по ГИ располагаются в интервале от 0 до 100 и более

ТАБЛИЦА 1 – Первичная классификация пищевых углеводов (цит. по [16])

Класс углеводов (уровень полимеризации)*	Подгруппа	Основные компоненты
Сахара (12)	Моносахариды Дисахариды Полиолы (высокомолекулярные спирты)	Глюкоза, фруктоза, галактоза Сукроза, лактоза, мальтоза, трегалоза Сорбитол, маннитол, лактитол, ксилит, эритритол, изомальтит, мальтитол
Олигосахариды (39) (короткоцепочечные углеводы)	Мальтоолигосахариды (α -глюканы) Олигосахариды Не- α -глюканы	Мальтодекстрин Рафиноза, стахиоза, фрукто- и галактоолигосахариды, полидекстроза, инулин
Полисахариды	Крахмалы (α -глюканы) Некрахмальные полисахариды	Амилоза, амилопектин, модифицированные крахмалы Целлюлоза, гемицеллюлоза, пектин, арабиноксиланы, В-глюкан, глюкоманнаны, растительные смолы и клейковина, гидроколлоиды

*Уровень полимеризации – количество мономеров (отдельных сахаров) в молекуле.

(низкий – не более 55; средний – 56–69; высокий – 70 и выше). Но чем выше ГИ, тем быстрее растет уровень глюкозы в крови после употребления сахаросодержащего продукта. Высоким ГИ обладают моносахариды, низким – сложные по структуре олигосахариды [6, 52]; значение индекса зависит не только от вида углеводов и их количественного содержания в продукте, количества пищевых волокон, но и от содержания белков и жиров, способа термической обработки пищи и др.

Суточное потребление углеводов в спорте: реалии и рекомендации. В спортивной нутрициологии выделяют общую потребность в углеводах в течение дня (базовые показатели) и обеспечение углеводами в процессе тренировок и соревнований (так называемая быстрая метаболическая оптимизация). При расчете суточного потребления и в рекомендациях обычно учитывают (суммируют) расход углеводов не только в ходе тренировочных занятий и соревнований, но и в остальное время суток.

Реальное суточное потребление углеводов в разных видах спорта и рекомендации. Проведено большое количество исследований, отражающих реальное потребление углеводов в составе регулярных рационов у представителей разных видов спорта [13, 14, 34, 35, 43, 51], что суммировано нами в таблице 2.

Данные в таблице 2 могут быть сопоставлены с рекомендованными значениями потребления углеводов (табл. 3). Официальные рекомендации по суточному потреблению углеводов привязаны к уровню двигательной активности [40] и выражены в соответствии с принципами, существующими на сегодня, в граммах на килограмм в день, а не, как ранее, в процентах общего суточного потребления энергии спортсменом.

Сопоставление рекомендаций по суточному потреблению углеводов в составе диеты в разных видах спорта и их реальное потребление. В исследовании [51] проведено сопоставление реального потребления углеводов атлетами в разных видах спорта и его соответствия рекомендованным значениям, что в виде суммарных данных отражено в таблице 4.

Как следует из данных таблицы 4, на сегодня практически во всех видах спорта имеет место та или иная степень недостаточности потребления углеводов в течение дня – от 25 до 91 % по сравнению со средним рекомендованным показателем $5 \text{ г} \cdot \text{кг}^{-1}$ в день. В наибольшей степени это отмечается в игровых видах спорта у женщин. Гораздо более оптимистичные результаты были получены в исследовании [12], проведенном у спортсменов – представителей видов спорта с преимущественным развитием выносливости (циклические виды): значения потребления углеводов составили в среднем $6,8 \text{ г} \cdot \text{кг}^{-1}$ в день для мужчин и женщин. Но мнения экс-

ТАБЛИЦА 2 – Актуальное потребление углеводов в разных видах спорта

Автор(ы), год	Вид спорта, соревновательная дисциплина, период подготовки спортсменов	Углеводы, г в день (% суточного потребления энергии)
Игровые виды спорта (диапазон 46–56 % СПЭ)		
Maughan, 1997	Футбол профессиональный, мужчины	354–397 (48–51)
Clark et al., 2003, Scott et al., 2003	Футбол, женщины	(47,8–55)
Wardenaar et al., 2017	Футбол, взрослые Футбол, юные и кадеты Водное поло Хоккей	Мужчины: 341 (50,2) 361 (55,1) 373 (52,5) 274 (46,0)
Wardenaar et al., 2017	Футбол, юные и кадеты Волейбол Водное поло Регби Хоккей Гандбол	Женщины: 256 (54,2) 260 (55,6) 245 (55,6) 244 (49,9) 259 (52,9) 222 (48,0)
Силовые виды спорта (диапазон 52–59 % СПЭ)		
Cabral et al., 2006	Тяжелая атлетика: мужчины женщины	(54,0 ± 7,0) (56,4 ± 4,7)
Wardenaar et al., 2017	Короткие анаэробные силовые нагрузки, мужчины	369–400 (52–59)
Wardenaar et al., 2017	Короткие анаэробные силовые нагрузки, женщины	240–297 (53–54)
Циклические виды спорта (диапазон 53–59 % СПЭ)		
Wardenaar et al., 2017	Длинные дистанции: Гребля Плавание Конькобежный спорт Велосипедные гонки Легкая атлетика (бег на средние и длинные дистанции) Легкая атлетика (марафонский бег и ультрамарафон)	Мужчины: 489 (54,8) 413 (56,2) 381 (54,2) 363 (56,4) 419 (59,3) 337 (54,6)
Wardenaar et al., 2017	Длинные дистанции: Гребля Плавание Конькобежный спорт Велосипедный спорт (шоссе) Легкая атлетика (бег на средние и длинные дистанции) Легкая атлетика (марафонский бег и ультрамарафон)	Женщины: 362 (54,2) 341 (56,8) 283 (53,2) 264 (53,1) 297 (53,7) 280 (54,6)
Сложнокоординационные виды спорта (диапазон 53–57 % СПЭ)		
Michopoulou et al., 2011	Художественная и ритмическая гимнастика	235±74 (57±7)
Wardenaar et al., 2017	Гимнастика спортивная, женщины	199 (53,6)

Примечание. СПЭ – суточное потребление энергии спортсменом, принятое за 100 %.

пертов о существующей недостаточности потребления углеводов в командных и силовых видах спорта совпадают [24, 45].

Анализ, проведенный в бодибилдинге [46], также показал наличие более низкого (менее 45 % суточного потребления энергии) по сравнению с рекомендованными значениями потребления углеводов (6–10 г · кг⁻¹ в день) для этого вида спорта [41], что составляет примерно 45–50 % суточного потребления энергии. Причем недостаточность потребления у мужчин была выше в соревновательном периоде (реально составляла в среднем 4 г · кг⁻¹ в день) и ниже – вне этого периода годичной подготовки. У женщин такая тенденция была менее выраженной: в соревновательном периоде потребление углеводов составило около 4 г · кг⁻¹ в день, что ближе к рекомендованным значениям.

ТАБЛИЦА 3 – Рекомендации по суточному потреблению углеводов тренирующимися в зависимости от уровня двигательной активности (цит. по [40] в модификации авторов)

Интенсивность физической нагрузки	Суточная потребность в углеводах, г · кг ⁻¹ в день	Комментарии
Американский колледж спортивной медицины		
Спортсмены	6–10	В зависимости от суточного расхода энергии, вида спорта, пола и условий окружающей среды
Международное общество спортивного питания		
Общездоровья подготовка, 30–60 мин в день, 3–4 раза в неделю	3–5	Сложные углеводы, ГИ – от низкого до среднего, концентрированные углеводы
Интенсивность нагрузок в интервале от средней до высокой, 2–3 ч в день, 5–6 раз в неделю	5–8	
Высокообъемные интенсивные тренировки, 3–6 ч в день, 5–6 раз в неделю	8–10	
Международный олимпийский комитет		
Низкая интенсивность нагрузок или отработка специфических навыков	3–5	Все величины потребления углеводов даны с учетом их приема до, во время и после тренировочных занятий и соревнований. Выбор углеводов на основе индивидуальных предпочтений и переносимости
Средняя по интенсивности тренировочная программа, 1 ч в день	5–7	
Программа тренировок на развитие выносливости, от средней до высокой интенсивности, 1–3 ч в день	6–10	
Силовые тренировки	4–7	
Экстремальные нагрузки с интенсивностью от средней до высокой	8–12	

В сложнокоординационных видах спорта (художественная, ритмическая гимнастика, синхронное плавание, прыжки в воду и др.) выявлен существенный относительный дефицит энергии на уровне 200–300 ккал в день [35], который, однако, не был связан с недостатком потребления углеводов (в среднем

ТАБЛИЦА 4 – Потребление углеводов в разных видах спорта и процент превалирования недостаточного поступления углеводов, исходя из рекомендованной средней дозы 5 г · кг⁻¹ в день (цит. по [51] в модификации авторов)

Вид спорта, соревновательная дисциплина	Среднее поступление углеводов, г · кг ⁻¹	Недостаточность поступления углеводов, %
Мужчины		
<i>Циклические виды спорта (n = 157)</i>		
Гребля академическая, гребля на байдарках и каноэ	58 ± 09	360
Плавание	51 ± 14	560
Конькобежный спорт	53 ± 10	435
Велогонки, шоссе	56 ± 10	388
Легкая атлетика бег на средние и длинные дистанции марафонский бег	64 ± 14 45 ± 06	255 647
В среднем	52 ± 10	483
<i>Игровые (командные) виды спорта (n = 138)</i>		
Футбол, юниоры	57 ± 11	386
Футбол профессиональный	44 ± 06	657
Водное поло	45 ± 14	699
Хоккей на льду	38 ± 06	841
В среднем	51 ± 12	505
<i>Силовые виды спорта (n = 32)</i>		
Тяжелая атлетика и др.	43 ± 08	692
Женщины		
<i>Циклические виды спорта (n = 83)</i>		
Гребля академическая, гребля на байдарках и каноэ	51 ± 07	469
Плавание	54 ± 07	436
Конькобежный спорт	47 ± 10	609
Велогонки, шоссе	42 ± 12	719
Легкая атлетика бег на средние и длинные дистанции марафонский бег	57 ± 09 48 ± 11	414 640
В среднем	50 ± 09	544
<i>Игровые (командные) виды спорта (n = 104)</i>		
Футбол, юниоры	44 ± 06	644
Волейбол	36 ± 04	858
Регби	37 ± 07	850
Водное поло	35 ± 08	808
Хоккей на льду	42 ± 05	718
Гандбол	32 ± 03	915
В среднем	37 ± 06	805
<i>Силовые виды спорта (n = 39)</i>		
Тяжелая атлетика и др.	43 ± 11	730

7,2 г · кг⁻¹ в день, рекомендованный диапазон – 7–8 г · кг⁻¹ в день).

Рекомендации по потреблению углеводов в процессе тренировочных занятий и соревнований.

Обеспечение спортсмена энергией непосредственно во время тренировочных занятий и в динамике соревновательных нагрузок – наиболее важный момент поддержания физической подготовленности. Энергетические резервы организма обеспечиваются (из расчета на спортсмена массой 80 кг) за счет следующих ресурсов: глюкоза плазмы крови содержит в 3 г 12 ккал; гликоген печени в 100 г – 400 ккал; гликоген мышц в 400 г – 1600 ккал. В процессе мышечной работы в первую очередь используется глюкоза крови (быстро расходуемый запас), затем гликоген. После снижения запасов гликогена в качестве источника энергии начинают расходоваться мышечные жирные кислоты и протеины. Двух-, трехчасовой период интенсивных тренировок снижает нормальные запасы гликогена и форсирует процесс использования протеинов и жиров мышц для получения энергии. После однократного истощения запасов гликогена в процессе тренировочного занятия требуется по крайней мере 24 ч для восстановления депо гликогена с использованием напитков, пищи и функциональных спортивных продуктов питания с высоким ГИ.

В книге одного из наиболее авторитетных спортивных нутрициологов мира Луизы Бурке и соавторов [11] в сжатом виде изложены основные подтвержденные принципы восстановления запасов энергии после тренировочных нагрузок за счет ежедневного рациона спортсмена и потребления специальных спортивных продуктов:

- при необходимости включения высокоинтенсивных нагрузок большого объема в тренировочное занятие потребление углеводов должно быть очень значительным для обеспечения энергией и восстановления запасов гликогена;
- расчет целевых показателей потребности в углеводах должен базироваться на массе тела (или объеме мышечной массы) и величине тренировочных нагрузок. При этом должна поддерживаться обратная связь между уровнем потребления углеводов и полученным результатом для быстрой коррекции программы нутритивно-метаболической поддержки тренировочного и соревновательного процессов;
- в современных рекомендациях дозы приема углеводов следует указывать не в процентах от общего потребления энергии, а в граммах на килограмм в день (для суточного потребления) или граммах на килограмм в час (для обеспечения энергетических потребностей организма в ходе тренировочного и соревновательного процессов);

- если деятельность периода между тренировочными сессиями или соревнованиями составляет менее 8 ч, спортсмены должны принять углеводы в той или иной форме как можно быстрее после окончания тренировочного занятия/соревновательной нагрузки с целью скорейшего восстановления; очень важно помнить, что при отсутствии поступления углеводов восстановление энергетических запасов организма неэффективно;

- при субоптимальном поступлении углеводов с целью поддержания энергетических запасов целесообразно дополнительное потребление протеинов в составе регулярного приема пищи или «перекуса», что увеличивает запасы гликогена (синергичное энергетическое действие протеинов и углеводов);

- заблаговременное (предварительное) обеспечение энергией достигается увеличением потребления углеводов, особенно при частом их приеме небольшими порциями (дозами);

- при наличии достаточного времени для восстановления (не менее 24 ч) и возможности полноценного потребления источников энергии и углеводов выбор пищи, функциональной пищи, обогащенной углеводами, времени их приема определяется существующей практикой (используется нутриционный тренинг) и предпочтениями спортсмена;

- углеводная пища с ГИ от среднего до высокого является легкодоступным источником для синтеза гликогена, что имеет существенное значение при покрытии потребности в максимальном накоплении гликогена в течение нескольких часов после тренировки;

- в процессе восстановления оптимальной является пища, сочетающая углеводы и протеины и принимаемая в качестве регулярного рациона и «перекусов»;

- адекватное поступление энергии в виде углеводов необходимо для оптимизации запасов гликогена; ограниченная пищевая практика некоторых спортсменов препятствует достижению этой цели;

- несмотря на небольшие различия в процессах создания запасов гликогена у мужчин и женщин (во время менструального цикла у последних), общие принципы, описанные выше, сохраняются.

Во время интенсивных физических нагрузок расход углеводов всегда превышает имеющиеся запасы эндогенных углеводов, что требует их дополнительного введения. Рекомендации ведущих экспертных организаций по потреблению углеводов в предсоревновательном микроцикле, соревновательном и восстановительном периодах приведены в таблице 5.

Задача предтранировочного потребления углеводов – поддержать (максимизировать) запасы внутримышечного гликогена так, чтобы их хватило на как можно более длительное время при продолжительности физи-

ТАБЛИЦА 5 – Рекомендации ведущих экспертных организаций по потреблению углеводов спортсменами в период до, во время и после соревнований (цит. по [40] в модификации авторов)

Уровень двигательной активности	Потребность в углеводах	Комментарии авторов
Предсоревновательное потребление углеводов		
<i>Американский колледж спортивной медицины</i>		
Питание перед выступлением (в составе пищи)	200–300 г за 3–4 ч до старта	Низкое потребление жиров и пищевых волокон, высокое – углеводов, среднее – протеинов
<i>Международное общество спортивного питания</i>		
Углеводная загрузка	8–10 г·кг ⁻¹ в день в течение 1–3 дней до старта	Углеводы с высоким GI (высокоуглеводная диета)
Питание перед выступлением (в составе пищи)	1–2 г·кг ⁻¹ за 3–4 ч до старта	
<i>Международный олимпийский комитет</i>		
Общее обеспечение энергией для соревнований длительностью более 90 мин	7–12 г·кг ⁻¹ в течение 24 ч	Низкое содержание пищевых волокон. Выбор пищи на основе индивидуальных предпочтений и переносимости, а также результатов нутриционного тренинга. Избегать высокожировой и высокобелковой пищи, особенно при наличии патологии со стороны желудочно-кишечного тракта
Подготовительная углеводная загрузка перед соревнованием длительностью более 60 мин или прерывистой интервальной тренировкой	Прием углеводов 10–12 г·кг ⁻¹ в течение 36–48 ч за 24 ч до нагрузки	
Предварительное обеспечение энергией: перед тренировочным занятием длительностью более 60 мин	1–4 г·кг ⁻¹ за 1–4 ч до тренировки	
Потребление углеводов во время тренировочных занятий/соревнований		
<i>Американский колледж спортивной медицины</i>		
Тренировочные занятия продолжительностью более 60 мин	0,7 г·кг ⁻¹ ·ч ⁻¹ или 30–60 г·ч ⁻¹	Особенно важно при невозможности предсоревновательного/тренировочного питания или условий тренировочного занятия при повышенной температуре и/или влажности. Применять 6–8 %-ные углеводно-электролитные напитки. На первом плане – глюкоза. Фруктоза не так эффективна и может вызвать диарею. Полезна также смесь глюкозы и фруктозы, других простых сахаров и мальтодекстрина. Если обеспечено требуемое общее количество углеводов, их форма не так важна (напитки, гели, «перекусы» и др.)
<i>Международное общество спортивного питания</i>		
Тренировочные занятия продолжительностью более 60 мин	30–60 г·ч ⁻¹	Организм окисляет углеводы в дозе 1–1,1 г·мин ⁻¹ или 60 г·ч ⁻¹ в виде 6–8 %-го раствора. Начинать пить следует с начала занятия и продолжать каждые 15–20 мин. Комбинация углеводов (глюкоза, фруктоза, сукроза, мальтодекстрин) усиливает окисление до 1,2–1,75 г·мин ⁻¹
<i>Международный олимпийский комитет</i>		
В процессе короткого тренировочного занятия	Нет необходимости	Составление предварительного практического плана. Повышение потребления углеводов улучшает физическую готовность. Для увеличения окисления и усвоения углеводов используют смесь простых сахаров (например, глюкоза + фруктоза)
В процессе постоянных интенсивных упражнений длительностью 45–75 мин	Малые количества, включая орошение рта	
В процессе тренировочных занятий на развитие выносливости, включая «стоп» и «старт», продолжительностью 1–2,5 ч	30–60 г·ч ⁻¹	
В процессе тренировок на развитие сверхвыносливости длительностью более 2,5–3 ч	до 90 г·ч ⁻¹	
Потребление углеводов после тренировочных занятий/соревнований		
<i>Американский колледж спортивной медицины</i>		
После тренировочного занятия	1–1,5 г·кг ⁻¹ в первые 30 мин, затем каждые 2 ч в течение 4–6 ч	Адекватное потребление жидкости, электролитов, энергии и углеводов
<i>Международное общество спортивного питания</i>		
После тренировочного занятия	1,5 г·кг ⁻¹ или 0,6–1 г·кг ⁻¹ в первые 30 мин, затем каждые 2 ч в течение 4–6 ч	Адекватное потребление жидкости, электролитов, энергии и углеводов
<i>Международный олимпийский комитет</i>		
Быстрое энергетическое восстановление при тренировочных занятиях или соревнованиях длительностью менее 8 ч между двумя последовательными спортивными событиями	1–1,2 г·кг ⁻¹ ·ч ⁻¹ первые четыре часа, затем – в соответствии с суточной потребностью	Небольшие регулярные «перекусы». Компактная углеводная пища

ческих нагрузок более 90 мин. Создание максимального депо гликогена в предстартовый период является стратегией так называемой углеводной загрузки [4]. Далее эти запасы должны постоянно поддерживаться за счет дополнительного приема углеводов в ходе тренировочных занятий/соревнований, что поддерживает физическую форму и отодвигает наступление утомления. После окончания тренировочного занятия/соревнования необходимо как можно быстрее восстановить запасы гликогена, что осуществляется вместе с процессом регидратации (восстановления водно-солевого баланса). Чем меньше интервал между следующими друг за другом тренировочными занятиями/выступлениями, тем в больших дозах и с увеличенной частотой должен осуществляться прием углеводов. Однако имеется физиологический лимит усвоения углеводов организмом, который зависит от индивидуальных особенностей спортсмена и характеристик употребляемых сахаров.

Скорость окисления углеводов в организме спортсмена как ограничительный фактор углеводной нагрузки. Научные расчеты показали, что оптимальное содержание углеводов в углеводных энергетических напитках должно составлять 6–8 %, однако на практике считается, что это слишком высокие цифры, и для достижения углеводной загрузки достаточно 4 %-й концентрации углеводов в потребляемых спортсменом углеводно-энергетических напитках. Скорость окисления углеводов составляет $60\text{--}70 \text{ г} \cdot \text{ч}^{-1}$, и нет оснований превышать эту величину. При этом необходимо учитывать следующие два обстоятельства.

1. Употребление спортивных напитков, содержащих углеводы, со скоростью $1,2 \text{ г} \cdot \text{мин}^{-1}$ ($0,6 \text{ г}$ сахарозы + $0,6 \text{ г}$ глюкозы) соответствует скорости окисления углеводов в организме – $1,13\text{--}1,27 \text{ г} \cdot \text{мин}^{-1}$. За 120 мин тренировки потребляется примерно 144 г углеводов. Повышение скорости потребления углеводов до $2,4 \text{ г} \cdot \text{мин}^{-1}$ не изменяет скорости окисления.

2. Употребление спортивных напитков с комбинированным содержанием углеводов (например, глюкоза + фруктоза, мальтодекстрин + фруктоза) ускоряет скорость окисления углеводов на 40–50 % (например, фруктоза + мальтодекстрин – $1,43\text{--}1,57 \text{ г} \cdot \text{мин}^{-1}$ против $0,98\text{--}1,14 \text{ г} \cdot \text{мин}^{-1}$ при употреблении только мальтодекстрина).

Современные представления о влиянии углеводов на иммунную систему при интенсивных длительных физических нагрузках. Несмотря на главенствующую роль углеводов как источника энергии, все большее внимание в последние годы уделяется их прямому и опосредованному влиянию на иммунитет спортсменов [38]. С одной стороны, глюкоза, образующаяся в процессе метаболизма экзогенных сахаров, служит

источником энергии для иммунных клеток, и ее недостаток отрицательно на них сказывается. С другой стороны, гормональный ответ на физический и эмоциональный стресс обеспечивает большее поступление углеводов в клетки иммунной системы, а также расход и истощение запасов углеводов [4]. Экзогенное поступление глюкозы ослабляет гормональную реакцию на нагрузки, предотвращая снижение иммунного ответа в ходе интенсивных и пролонгированных тренировок (опосредованное поддержание иммунной системы) [22]. В 2017 г. опубликован международный Консенсус «Иммунопитание и тренировки» [3], в котором сформулирован ряд положений относительно влияния углеводов на иммунную систему спортсменов:

- низкоуглеводная диета (менее 10 % энергии от углеводов) в условиях тренировок не более 1ч в день в течение нескольких дней при $\approx 70 \% \dot{V}O_{2\max}$ приводит к более выраженному гормональному ответу (адреналин), повышению количества нейтрофилов в крови и умеренному снижению количества лимфоцитов. Эти явления полностью исчезают в условиях высокоуглеводной диеты, обеспечивающей более 70 % потребности в энергии от углеводов, даже при более интенсивных нагрузках [5, 36];

- высокоуглеводные диеты до тренировок ухудшают соотношение провоспалительных (IL-6, IL-1ra) и противовоспалительных (IL-10) цитокинов в организме [5];

- увеличение потребления углеводов перед нагрузкой не дает каких-либо дополнительных улучшений иммунного статуса спортсмена после тренировок;

- потребление углеводов в ходе тренировочных занятий ослабляет снижение иммунной функции за счет поддержания необходимого уровня глюкозы крови, что приводит к уменьшению стрессорного кортизолового ответа на нагрузки [5, 21]. Прием углеводов в дозе $60 \text{ г} \cdot \text{ч}^{-1}$ в ходе продолжительных тренировочных нагрузок уменьшает прирост концентраций противовоспалительных цитокинов [30], оптимизирует лейкоцитарный ответ, улучшает функцию нейтрофилов [42], предотвращает снижение количества и ухудшение функции Т-клеток [33];

- в настоящее время нет достаточных доказательств относительно способности углеводов ослаблять выраженность симптомов заболеваний верхних дыхательных путей у спортсменов, в частности специализирующихся в беговых дисциплинах легкой атлетики [20, 37].

Таким образом, авторы Консенсуса [3] пришли к заключению, что углеводы более эффективны в плане поддержания иммунитета при приеме в динамике физических нагрузок, нежели на основе увеличения регулярного потребления в составе рациона спортсмена.

Взаимодействие углеводов с микробиомом кишечника. В обзоре [44] рассмотрено влияние рационов с разным содержанием углеводов на качественный и количественный состав бактериального содержимого толстого кишечника (микробиома) человека и установлено, что наиболее часто применяемые спортсменами простые углеводы – глюкоза, фруктоза и лактоза – повышают содержание микроорганизмов родов *Bifidobacteria* и *Lactobacilli*, а искусственные подсластители, содержащиеся в газированных напитках и неспортивных энергетических батончиках, – напротив, снижают, ухудшая защитные и метаболические свойства микробиома.

Углеводы – наиболее изученные макронутриенты в плане влияния на микробиом кишечника человека. Существующие в литературе данные получены отдельно для неперевариваемых и перевариваемых углеводов; последние подвергаются ферментативной деградации и включают крахмалы и сахара. Некоторые виды этих бактерий связывают с возникновением синдрома раздраженного кишечника (СРК; IBS – *от англ.* irritable bowel syndrome) [25]. Кроме того, лактоза увеличивает концентрацию в фекалиях короткоцепочечных жирных кислот, являющихся важным метаболическим субстратом, продуцируемым микробиомом человека для нужд организма [18]. Искусственные подсластители, такие, как сахарин, сукралоза и др., считаются и позиционируются в маркетинге пищевых продуктов как полезные для здоровья, однако недавние исследования показали, что потребление всех видов искусственных подсластителей быстро приводит к развитию непереносимости глюкозы как основного прекурсора гликогена в организме [48].

В противоположность перевариваемым углеводам пищевые волокна и устойчивые крахмалы (неперевариваемые углеводы) являются субстратом для бактерий микробиома и выступают в роли пребиотиков. Рацион с низким содержанием этих веществ уменьшает общее количество бактерий в микробиоме и обедняет их качественный состав [23]; напротив, высокое потребление пищевых волокон увеличивает генетическое разнообразие микрофлоры кишечника [15]. Регулярное рациональное и сбалансированное питание спортсменов, обогащенное неперевариваемыми углеводами, индуцирует повышение содержания в кишечнике молочнокислых и бифидобактерий и снижает количество клостридий, провоцирующих развитие патологической симптоматики [31].

Орошение (полоскание) полости рта раствором углеводов как способ улучшения спортивных результатов. В целом ряде работ показано, что простое периодическое орошение полости рта раствором

углеводов, т. е. углеводно-энергетическим напитком, без последующего проглатывания является хорошим методом поддержания спортивной формы и улучшения результатов в спортивных дисциплинах, требующих повышенной выносливости [17]. Уже не первый год в научной и практической литературе рассматривается вопрос эффективности периодического ополаскивания полости рта раствором углеводов (глюкоза, фруктоза, мальтодекстрин и др.) без последующего их проглатывания в процессе выполнения физических упражнений, во время бега на длинные дистанции и др. Под действием углеводов, находящихся в полости рта, замедляется процесс снижения времени локомоторной реакции, отодвигается порог развития утомления и др. При этом содержание адреналина и норадреналина в плазме крови спортсменов остается достоверно более низким в тестируемой группе, чем в контрольной. Авторы считают, что этот феномен не связан с метаболическим действием углеводов (слишком мала концентрация и доза углеводов в полости рта), а обусловлен взаимодействием со специфическими рецепторами (сигнальное действие). Предполагается (пока чисто теоретически), что активация рецепторов углеводами включает неэнергетическую сигнальную афферентную нервную систему с последующим центральным ответом коры головного мозга и выбросом эндогенной глюкозы в ряде мозговых структур, отвечающих за эмоциональные и мотивационные процессы (гипоталамус, лимбическая система и др.). Такой подход рассматривается в качестве дополнения к традиционному пероральному приему углеводов в составе углеводно-энергетических спортивных напитков как во время тренировочных занятий и соревнований, так и в ходе восстановления. Более того, ополаскивание полости рта имеет ряд преимуществ практического плана: нет отрицательного влияния углеводов на желудочно-кишечный тракт; возможно использование специальных форм с малым содержанием углеводов (жевательные резинки, таблетки, драже и др.); легче контролировать дозу и субъективное ощущение эффекта. На практике орошение полости рта растворами углеводов уже используется во многих видах спорта [26].

Однако такая методология пополнения углеводного баланса имеет ряд ограничений и зависит более всего от специфики вида спорта. В последнее время получены первые данные, что в относительно коротких по времени соревновательных дисциплинах, в частности в велогонке протяженностью 4 км, такой эффект не наблюдается [39]. В небольшом пилотном рандомизированном контролируемом исследовании у квалифицированных велосипедистов (трек, n = 9) после разминки непосредственно перед прохождением четырехкилометровой

дистанции с максимально возможной скоростью сравнивались эффекты ополаскивания полости рта 25 мл раствора углеводов, содержащего 64 г глюкозы на 1000 мл воды, или плацебо (сахарин 36,2 г на 1000 мл воды) без последующего проглатывания растворов. С помощью встроенной в велосипед системы контроля и сбора данных (включая опросники) оценивались средние показатели мощности и времени прохождения отрезков дистанции, субъективные показатели усталости и др. Обнаружено, что орошение полости рта раствором углеводов лишь достоверно снижает субъективное чувство усталости по сравнению с плацебо, но никак не отражается на объективных показателях (результатах) прохождения дистанции.

Новые перспективные углеводы для применения в практике подготовки спортсменов. Как альтернатива наиболее популярной глюкозе и сходным веществам в связи с лучшей переносимостью их желудочно-кишечным трактом, начиная с конца XX в. [50] и до последнего времени [49] рассматривается высокоразветвленный циклический декстрин (англ. *Highly branched cyclic dextrin* – HBCD) – полигликозид с высокой молекулярной массой, выделенный из ячменного крахмала и обладающий способностью быстрее глюкозы восстанавливать запасы гликогена без торможения эвакуации пищи из желудка [2]. Было показано, что простые сахара увеличивают осмотическое давление пищи, что замедляет опорожнение желудка, что не характерно для этого сложного углевода [50]. Исследования показали, что у спортсменов, потреблявших это вещество для восстановления сразу после интенсивных нагрузок на велотренажере, через 2 ч улучшились показатели физической подготовленности, чем у тех, кто использовал традиционную глюкозу [47].

В работе [50], носившей экспериментальный характер плацебо-контролируемого исследования, было показано, что животные, получавшие высокоразветвленный циклический декстрин, демонстрировали большую выносливость по сравнению с контрольными животными, которым в желудок через зонд вводили воду или раствор глюкозы. Эргогенный эффект этого циклического декстрина наблюдался в дозе 500 мг · кг⁻¹ массы тела, в то время как в дозе 166 мг · кг⁻¹ углеводов не влиял на эргогенные способности ($p < 0,05$). Мыши, которым через 10 мин после начала упражнения вводили раствор этого сложного углевода, были способны плавать значительно дольше мышей контрольной группы ($p < 0,05$). При этом повышение среднего уровня глюкозы в крови у животных при введении через 20 мин после начала плавания высокоразветвленного циклического декстрина было все-таки ниже, чем у мышей, которым вводили глюкозу ($p < 0,05$). Авторы данного исследования заключили,

что увеличение времени плавания (выносливости) при введении декстрина зависело от его быстрой и долговременной способности влиять на улучшение доставки глюкозы с более низким постпрандиальным ответом на инсулин крови, что и привело к увеличению времени наступления усталости [50].

Результаты рандомизированного двойного-слепого плацебо-контролируемого исследования [49] с высшим уровнем доказательности относительно эргогенной эффективности высокоразветвленного циклического декстрина у мужчин-триатлонистов свидетельствуют, что у участвовавших в двух соревнованиях (разделенных временным интервалом один месяц) семи спортсменов, из которых четыре потребляли напиток на основе изучаемого углевода, а три – напиток на основе глюкозы (плацебо), обнаружено несколько интересных фактов. В частности, количество лимфоцитов и нейтрофилов значительно увеличилось после тренировки в обеих исследованных группах ($p < 0,05$). Концентрация плазменного норадреналина значительно возросла ($p < 0,05$) во время тренировки в группе спортсменов с глюкозой, но не в группе, применявшей высокоразветвленный циклический декстрин. Плазменные концентрации провоспалительных цитокинов – интерлейкина IL-8 и IL-10 – достоверно и значительно увеличивались во время тренировки в обоих исследованиях по отношению к данным в группе плацебо (прием глюкозы). При этом концентрации провоспалительных цитокинов – IL-8, IL-10 и IL-12p40 – были значительно ниже ($p < 0,05$) в группе спортсменов, принимавших высокоразветвленный циклический декстрин, по сравнению с плацебо. Авторы резюмировали, что эргогенные свойства изучаемого углевода проявляются за счет ослабления гормонального стрессорного ответа и улучшения баланса противо- и провоспалительных цитокинов по окончании исследования.

Кроме того, в перекрестном двойном-слепом исследовании у здоровых добровольцев [19] были изучены сравнительные эффекты относительно влияния низких доз (15 г) высокоразветвленного циклического декстрина на воспринимаемое напряжение (RPE) в циклических упражнениях. Показано, что воспринимаемое напряжение увеличилось во время тренировки, и это значение было значительно выше на 30-й и 60-й минутах после приема циклического декстрина, чем при использовании мальтодекстрина.

Таким образом, данные анализа современной литературы указывают, что существуют разнонаправленные и в разной степени выраженные дозозависимые изменения в величине метаболических показателей и эргогенных характеристик при использовании такой перспективной для применения спортсменами субстанции, как

высокоразветвленный циклический декстрин в динамике физических нагрузок разного характера [32]. Однако в связи с небольшим количеством научной литературы по данному вопросу и небольшими выборками исследуемых субъектов невозможно сделать однозначные выводы по эффективности приема данного углевода. Это

требует проведения дальнейших исследований в этом весьма перспективном направлении, но, тем не менее, даже имеющиеся данные указывают на возможность движения вперед в плане улучшения внутренировочного обеспечения спортивной подготовки с использованием новых углеводных субстанций.

■ Литература

1. Платонов ВН. Диетологическое обеспечение [Dietological support]. В кн.: *Двигательные качества и физическая подготовка спортсменов*. Киев, Олимпийская литература, 2017; 536–63.
2. Aulin Piechl K, Söderlund K, Hultman E. Muscle glycogen resynthesis rate in humans after supplementation of drinks containing carbohydrates with low and high molecular masses. *Eur J Appl Physiol*. 2000;81(4):346–51. DOI: 10.1007/s004210050053.
3. Berman S, Castell LM, Calder PC et al. Consensus Statement Immunonutrition and Exercise. *Exerc Immunol Rev*. 2017;23:8–50.
4. Bishop NC, Walsh NP, Haines DL et al. Pre-exercise carbohydrate status and immune responses to prolonged cycling: II. Effect on plasma cytokine concentration. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2001;11:503–12.
5. Bishop NC, Walker GJ, Gleeson M et al. Human T-lymphocyte migration towards the supernatants of human rhinovirus infected airway epithelial cells: influence of exercise and carbohydrate intake. *Exerc Immunol Rev*. 2009;15:127–44.
6. Brighenti F, Kendall CWC, Augustin LSA et al. International Carbohydrate Quality Consortium. Glycemic response and the glycemic index of foods: more remains to be seen on the second-meal effect of proteins. *Am J Clin Nutr*. 2018;107(5):845–850. DOI: 10.1093/ajcn/nqy030.
7. Brisswalter J, Louis J. Vitamin supplementation benefits in master athletes. *Sports Med*. 2014;44(3):311–318. doi: 10.1007/s40279-013-0126-x.
8. Brosnan JT, Brosnan ME. Branched-Chain Amino Acids: Enzyme and substrate regulation. *J Nutr*. 2006; 136(1): 207S–11S. doi: 10.1093/jn/136.1.207S.
9. Burke LM. Practical issues in evidence-based use of performance supplements: Supplement interactions, repeated use and individual responses. *Sports Med*. 2017;47(1): 79–100. doi: 10.1007/s40279–017–0687–1.
10. Burke LM, Angus DJ, Cox GR et al. Effect of fat adaptation and carbohydrate restoration on metabolism and performance during prolonged cycling. *J Appl Phys*. 2000;89(6): 2413–21.
11. Burke L, Deakin V, eds. *Clinical sports nutrition*. 4th ed. North Ryde NSW: McGraw-Hill Education (Australia); 2011. 735 p.
12. Burke LM, Slater G, Broad EM et al. Eating patterns and meal frequency of elite Australian athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2003;13(4):521–38.
13. Cabral CAC, Rosado GP, Silva CHO, Marins JCB. Diagnosis of the nutritional status of the Weight Lifting Permanent Olympic Team athletes of the Brazilian Olympic Committee (COB). *Rev Bras Med Esporte*. 2006;12(6):308e–12e.
14. Clark M, Reed DB, Crouse SF, Armstrong RB. Pre- and post-season dietary intake, body composition, and performance indices of NCAA Division 1 female soccer players. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2003;13(3):303–19.
15. Cotillard A, Kennedy SP, Kong LC, et al. Dietary intervention impact on gut microbial gene richness. *Nature*. 2013;500(7464):58–558. DOI: 10.1038/nature12480.
16. Cummings JH, Stephen AM. Carbohydrate terminology and classification. Review. *Eur J Clin Nutr*. 2007;61(1):5S–18. DOI: 10.1038/sj.ejcn.1602936.
17. De Pauw K, Roelands B, Naepen K, et al. Effects of caffeine and maltodextrin mouth rinsing on P300, brain imaging, and cognitive performance. *J Appl Physiol*. 2015;118(6):776–82. DOI: 10.1152/jappphysiol.01050.2014.
18. Francavilla R, Calasso M, Calace L, et al. Effect of lactose on gut microbiota and metabolome of infants with cow's milk allergy. *Pediatr Allergy Immunol*. 2012;23(5):420–27. DOI: 10.1111/j.1399-3038.2012.01286.x.
19. Furuyashiki T, Tanimoto H, Yokoyama Y, et al. Effects of ingesting highly branched cyclic dextrin during endurance exercise on rating of perceived exertion and blood components associated with energy metabolism. *Biosci Biotechnol Biochem*. 2014;78(12):2117–9. DOI: 10.1080/09168451.2014.943654.
20. Gleeson M, Nieman DC, Pedersen BK. Exercise, nutrition and immune function. *J Sports Sci*. 2004;22(1):115–25.
21. Green KJ, Croaker SJ, Rowbottom DG. Carbohydrate supplementation and exercise-induced changes in T-lymphocyte function. *J Appl Physiol*. 2003;95(3):1216–23.
22. Gunzer W, Konrad M, Pail E. Exercise-induced immunodepression in endurance athletes and nutritional intervention with carbohydrate, protein and fat—what is possible, what is not? *Nutrients*. 2012;4(9):1187–212. DOI: 10.3390/nu4091187.
23. Halmos EP, Christophersen CT, Bird AR et al. Diets that differ in their FODMAP content alter the colonic luminal microenvironment. *Gut*. 2015;64(1):93–100. DOI: 10.1136/gutjnl-2014-307264.
24. Holway FE, Spriet LL. Sport-specific nutrition: Practical strategies for team sports. *J Sports Sci*. 2011;29(1):115–25. DOI: 10.1080/02640414.2011.605459.
25. Jeffery IB, O'Toole PW. Diet-microbiota interactions and their implications for healthy living. *Nutrients*. 2013;5(1):234–52. DOI: 10.3390/nu5010234.
26. Jensen M, Stellingwerff T, Klimstra M. Carbohydrate mouth rinse counters fatigue related strength reduction. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2015;25(3):252–61. DOI: 10.1123/ijsnem.2014-0061.
27. Jeukendrup AE. Carbohydrate and exercise performance: the role of multiple transportable carbohydrates. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2010;13(4):452–7. DOI: 10.1097/MCO.0b013e3180de5f2e.
28. Jones AM. Dietary Nitrate supplementation and exercise performance. *Sports Med*. 2014;44(1):35–45. DOI: 10.1007/s40279-014-0149-y.
29. Judelson DA, Maresh CM, Farrell MJ et al. Effect of hydration state on strength, power, and resistance exercise performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39(10):1817–24. DOI: 10.1249/mss.0b013e3180de5f22.
30. Kerasioti E, Stagos D, Jamurtas A, et al. Anti-inflammatory effects of a special carbohydrate-whey protein cake after exhaustive cycling in humans. *Food Chem Toxicol*. 2013;61:42–6. DOI: 10.1016/j.fct.2013.01.023.
31. Khanna S, Tosh PK. A clinician's primer on the role of the microbiome in human health and disease. *Mayo Clin Proc*. 2014;89(1):107–14. DOI: 10.1016/j.mayocp.2013.10.011.
32. Konishi K, Kimura T, Yuhaku A, et al. Mouth rinsing with a carbohydrate solution attenuates exercise-induced decline in executive function. *J Int Soc Sports Nutr*. 2017;14:45. DOI: 10.1186/s12970-017-0200-0.
33. Lancaster GI, Khan Q, Drysdale PT, et al. Effect of prolonged exercise and carbohydrate ingestion on type 1 and type 2 T lymphocyte distribution and intracellular cytokine production in humans. *J Appl Physiol*. 2005;98(2):565–71.
34. Maughan RJ. Energy and macronutrient intakes of professional football (soccer) players. *Brit J Sports Med*. 1997;31(1):45–7.
35. Michopoulou E, Avloniti A, Kambas A, et al. Elite premenarcheal rhythmic gymnasts demonstrate energy and dietary intake deficiencies during periods of intense training. *Pediatr Exerc Sci*. 2011;23(4):560–72.
36. Mitchell JB, Pizzi FX, Paquet A, et al. Influence of carbohydrate status on immune responses before and after endurance exercise. *J Appl Physiol*. 1998;84(6):1917–25. DOI: 10.1152/jappl.1998.84.6.1917.
37. Nieman DC, Henson DA, Austin MD, Sha W. Upper respiratory tract infection is reduced in physically fit and active adults. *Br J Sports Med*. 2011;45(12):987–92. DOI: 10.1136/bjism.2010.077875.

38. Ormsbee MJ, Bach CW, Baur DA. Pre-exercise nutrition: the role of macronutrients, modified starches and supplements on metabolism and endurance performance. *Nutrients*. 2014;6(5):1782–1808. DOI: 10.3390/nu6051782.
39. Pires FO, Brietzke C, Pinheiro FA, et al. Carbohydrate Mouth Rinse Fails to Improve Four Kilometer Cycling Time Trial Performance. *Nutrients*. 2018;10(3):342. DOI: 10.3390/nu10030342.
40. Potgieter S. Sport nutrition: A review of the latest guidelines for exercise and sport nutrition from the American College of Sport Nutrition, the International Olympic Committee and the International Society for Sports Nutrition. *South African J Clin Nutrition*. 2013;26(1):6–16. DOI: 10.1080/16070658.2013.11734434.
41. Rodriguez NR, Di Marco NM, Langley S. Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. Review. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(3):709–31. DOI: 10.1249/MSS.0b013e31890eb86.
42. Scharhag J, Meyer T, Gabriel HHW, et al. Mobilization and oxidative burst of neutrophils are influenced by carbohydrate supplementation during prolonged cycling in humans. *Eur. J. Appl. Physiol*. 2002;87(6):584–7. DOI: 10.1007/s00421-002-0642-0.
43. Scott D, Chisnall PJ, Todd MK. Dietary analysis of English female soccer players. In: Reilly T, Williams M., eds, *Science and Soccer*. London: Routledge, an imprint of Taylor and Francis Books Ltd; 2003. Pp. 245–50.
44. Singh RK, Chang H-W, Yan D, et al. Influence of diet on the gut microbiome and implications for human health. *J Transl Med*. 2017;15(1):73–90. DOI: 10.1186/s12967-017-1175-y.
45. Slater G, Phillips SM. Nutrition guidelines for strength sports: Sprinting, weightlifting, throwing events, and bodybuilding. *J Sports Sci*. 2011;29(1):67–77. DOI: 10.1080/02640414.2011.574722.
46. Spendlove J, Mitchell L, Gifford J, et al. Dietary intake of competitive bodybuilders. *Sports Med*. 2015;45(7):1041–63. DOI: 10.1007/s40279-015-0329-4.
47. Stephens FB, Roig M, Armstrong G, Greenhaff PL. Post-exercise ingestion of a unique, high molecular weight glucose polymer solution improves performance during a subsequent bout of cycling exercise. *J. Sports Sci*. 2008;26(2):149–54. DOI: 10.1080/02640410701361548.
48. Suez J, Korem T, Zeevi D et al. Artificial sweeteners induce glucose intolerance by altering the gut microbiota. *Nature*. 2014;514(7521):181–6. DOI: 10.1038/nature13793.
49. Suzuki K, Shiraishi K, Yoshitani K, et al. Effect of a sports drink based on highly-branched cyclic dextrin on cytokine responses to exhaustive endurance exercise. *J Sports Med Phys Fitness*. 2014;54(5):622–30.
50. Takii H, Ishihara K, Kometani T, et al. Enhancement of swimming endurance in mice by highly branched cyclic dextrin. *Biosci Biotechnol Biochem*. 1999;63(12):2045–52.
51. Wardenaar F, Brinkmans N, Ceelen I, et al. Macronutrient intakes in 553 Dutch elite and sub-elite endurance, team, and strength athletes: Does intake differ between sport disciplines? *Nutrients*. 2017;9(2):119. DOI: 10.3390/nu9020119.
52. Wolever T. The glycemic index. *World Rev Nutr Diet*. 1990;62:120–85.

Автор для корреспонденции:

Гунина Лариса Михайловна — д-р биол. наук, Национальный антидопинговый центр, Украина 04112, Киев, ул. Авиастроителя Игоря Сикорского, 8; <https://orcid.org/0000-0003-2107-0983>
gunina.sport@gmail.com

Corresponding author:

Gunina Larisa — Dr. Sci in Biology, National Anti-Doping Centre; Ukraine, 04112, Kyiv, 8, Aviakonstruktor Igor Sikorsky Str.; <https://orcid.org/0000-0003-2107-0983>
gunina.sport@gmail.com

Поступила 05.12.2018