

УДК 796/799:613.2.03]:612.015.3

Куйбіда В. В.
кандидат біологічних наук, доктор історичних наук, професор ДВНЗ «Переяслав-Хмельницький
державний педагогічний університет імені Григорія Сковороди»
Коханець П. П.
кандидат наук з фізичного виховання і спорту, доцент
ДВНЗ «Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет імені Григорія Сковороди»
Лопатинська В. В.
кандидат педагогічних наук, доцент,
ДВНЗ «Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет імені Григорія Сковороди»

ВУГЛЕВОДНА ДІЄТА У СПОРТІ: ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ

Вуглеводи мають переваги порівняно з іншими джерелами енергії за рахунок: а) значної економії їх окислення порівняно з жирами (кількості АТФ, що виробляється на 1 л спожитого кисню), б) переваги в стимуляції центральної нервової системи при вживанні та полосканні ротової порожнини їх розчином. Порівняно з жирами і білками вуглеводи мають такі недоліки: а) вичерпуються через одну-три години роботи тому надалі їх запаси необхідно поповнювати; б) якщо під час бігу вживати вуглеводну їжу організм людини має розподіляти енергію між травною системою і м'язами; в) під час анаеробного розпаду глікогену утворюється молочна кислота, яка спричиняє зсув рН середовища із слабколужного до слабкокислого, появу набряків, уповільнення процесу утворення енергії і настання втоми; г) у процесі вживання концентрованих вуглеводів по дистанції виникають проблеми з шлунково-кишковим трактом, перегрів організму, гіпонатріємія, які погіршують результат і потенційно загрожують здоров'ю спортсменів з надвтривалістю, якщо робота триває понад 4 год.

Ключові слова: вуглеводи, дієта, недоліки, переваги, спорт

Куйбіда В. В., Коханець П. П., Лопатинская В. В. Углеводная диета в спорте: преимущества и недостатки. Углеводы имеют преимущество сравнительно с другими источниками энергии за счет: а) значительной экономии их окисления по сравнению с жирами (количество АТФ которая вырабатывается на 1 л потребленного кислорода), б) в стимуляции центральной нервной системы при употреблении либо полоскании полости рта раствором углеводов. Сравнительно с жирами и белками углеводы имеют недостатки: а) через один-три часа работы исчерпываются их запасы, которые необходимо пополнять; б) если во время бега употреблять углеводную пищу организм человека должен делить энергию между пищеварительной системой и мышцами; в) при анаэробном распаде гликогена образуется молочная кислота, которая вызывает смещение рН среды со слабощелочной до слабокислой, появление отеков, замедление процесса образования энергии и наступления усталости; г) в процессе употребления концентрированных углеводов по дистанции возникают проблемы с желудочно-кишечным трактом, перегрев организма и гипонатриемия, которые ухудшают спортивный результат и потенциально угрожают здоровью спортсменов с повышенной выносливостью, если работа длится свыше 4-х часов.

Ключевые слова: углеводы, диета, недостатки, преимущества, спорт

Kuibida Viktor, Kokhanets Petro, Lopatynska Valentyna. Carbohydrate diet in sport: advantages and disadvantages. Availability of carbohydrates as an energy source increases due to several ways of their consumption: a) a few hours or days before the competition; b) during physical activity; c) refueling between sessions. Carbohydrate loading can increase efficiency: runners by ≥ 30 km, participants of long-term team games with repeated high-intensity sprinting movements such as ice hockey, football etc. It is important that carbohydrates with low glycemic index (the rate of breakdown of carbohydrates to glucose) less inhibit the oxidation of free fatty acids than with high. High-intensive exercises ($> 60\% \text{VO}_{2\text{max}}$) are best supported by the high level of carbohydrate oxidation. If the endurance work lasts for over 30 minutes, the main reasons of fatigue are dehydration and carbohydrates depletion. High concentrations of glycogen in muscles can be helpful at the beginning of endurance exercise, for the second half of the activity fats are the priority. Carbohydrates have advantages over other energy sources due to: a) significant savings in oxidation of carbohydrates compared to fats (amount of ATP that is produced per every 1 litre of oxygen consumed), b) advantages of stimulation main nervous system when using and rinsing the mouth cavity with the solution of carbohydrates. Compared with proteins and fats, carbohydrates have the following disadvantages: a) are depleted after one or three hours of work and their reserves must be refueled; b) if during the running activity to eat carbohydrate food, the human body must share the energy between digestive system and muscles; c) during anaerobic breakdown of glycogen lactic acid is produced which causes a shift in pH balance from slightly alkaline to slightly acidic, the appearance of edema, slowing down the process of energy production and fatigue occurrence; d) in the process of consuming concentrated carbohydrates at a distance, there are some problems with the gastrointestinal tract, overheating (hyperthermia) and hypernatremia, which worsen the result and potentially endanger the health of athletes with endurance if the exercises last for more than 4 hours.

Key words: carbohydrates, diet, disadvantages, advantages, sports

Пошук літератури в оглядовій статті здійснено на основі зазначених вище ключових слів в електронних базах даних PubMed та SPORTDiscus. Пошукові терміни стосовно ефективності та особливостей впливу високовуглеводної дієти на організм людини вводили у різних комбінаціях, використовуючи списки літератури в оригінальних наукових статтях та оглядах.

Виклад основного матеріалу. Печінка запасє близько 90–110 г глікогену, м'язи – 250–300 г. У рідинах організму є близько 16–30 г глюкози. Загалом запаси вуглеводів дають близько 1500 ккал енергії, якої вистачає на 20–25 км бігу.

Ще в другій половині ХХ ст. Й. Бергстром та Е. Хультман з'ясували, що під час фізичної роботи концентрація м'язового глікогену послідовно падає і коли він вичерпується – працездатність знижується, натомість під час відпочинку вміст глікогену не змінюється. Високий рівень м'язового глікогену перед стартом позитивно корелює із спортивними результатами в певних видах спортивної діяльності [2].

В оглядовій статті «Вуглеводи для тренувань і змагань» австралійський спортивний дієтолог, доктор Луїза Мері Берк та співавтори в 2011 році окреслили сучасні підходи щодо ролі вуглеводів у спортивній діяльності. Вони звернули увагу на те, що доступність вуглеводів, як джерела енергії, зростає за рахунок декількох варіантів їх вживання: за кілька годин або днів до змагань; під час виконання фізичних вправ та дозоправління між сеансами. У високоінтенсивних видах спорту тривалістю ~ 1 год, невелика кількість вуглеводів, або навіть полоскання рота їх розчином, підвищують ефективність роботи за допомогою стимуляції центральної нервової системи. Вживання 30–60 г/год⁻¹ вуглеводів у процесі тренування тривалістю > 2,5 год дає більший ефект, ніж вживання до 90 г/год⁻¹. Донедавна для запасання максимальної кількості енергії вуглеводів у протоколі досягнення суперкомпенсації глікогену було передбачено такі фази: а) 3 дні харчування з низьким вмістом вуглеводів + інтенсивне тренування, б) 3 дні інтенсивного вживання вуглеводів + помірне тренування. У подальших дослідженнях продемонстровано, що високих концентрацій глікогену можна досягнути й без фази виснаження і лише за 24–36 год інтенсивного споживання / відпочинку вуглеводів. Завантаження вуглеводами може підвищити ефективність: бігу на ≥30 км, тривалих командних ігор із багаторазовими спринтерськими рухами високої інтенсивності, таких як хокей на льоду, футбол. Важливо, що вуглеводи з низьким глікемічним індексом (*швидкість розщеплення вуглеводу до глюкози*) менше пригнічують темпи окислення вільних жирних кислот, ніж з високим [3]. За даними Луїзи М. Берк та ін. при відсутності серйозних пошкоджень м'язів запаси глікогену можна нормалізувати за 24 години легких тренувань і достатнього споживання вуглеводів [4]. У наступній роботі ще раз відмічено переваги вуглеводів в окремих діапазонах інтенсивності фізичних вправ шляхом: а) значної економії окислення вуглеводів порівняно з жирами (АТФ, що виробляється на 1 л спаленого кисню), б) переваги в стимуляції центральної нервової системи при вживанні та полосканні ротової порожнини розчином вуглеводів. Використання вуглеводів може сприяти покращенню спортивних показників і їх не слід ігнорувати лише через принаду більших запасів жиру в організмі. Не слід вибирати одне джерело палива або інше, чи «чорне проти білого», а варто інтегрувати та індивідуалізувати різні дієтичні підходи, які оптимізують спортивну діяльність [7].

Відмічено 3 різних періоди виклику рекомендаціям щодо вуглеводної дієти для підтримки високої ефективності тренувань та результатів змагань за допомогою дієти з низьким вмістом вуглеводів і високим вмістом жирів. Перший включав дослідження Стівена Д. Фінні та ін. (1983) стосовно кетогенної дієти у підготовлених велосипедистів, які за 4 тижні досягнули адаптації підтримки фізичної здатності середньої інтенсивності порівняно з високою вуглеводною дієтою. Результати цього дослідження оскаржено методологічними проблемами. Упродовж другого етапу (1995–2005) орієнтувалися на структуру дієти ~25% енергії вуглеводів та 60% жирів. Було показано, що лише 5 днів тренувань з нею перелаштовують м'язи на посилення здатності отримання енергії з жирів завдяки стійким змінам, які зберігаються, незважаючи на стратегію супервідновлення глікогену перед змаганнями і споживання вуглеводів під час виконання фізичних вправ. На сьогодні ще немає чітких висновків щодо однакової корисності кетодієт для посилення витривалості чи надвитривалості. На основі досліджень автоматичної вимірювальної системи (AIS) було показано, що зниження економічності вправ під час використання кетодієт буде згубним для виконання вправ з високою інтенсивністю > 80% VO₂ [6].

Три тижні посиленних тренувань та невеликий дефіцит енергії в елітних бігунів призвели до збільшення пікової аеробної здатності незалежно від дієтичної підтримки. Адаптація до кетогенної дієти помітно збільшила швидкість окислення жиру в спортсменів високого класу під час виконання роботи. Так, показники окислення жиру досягли пікового значення $1,57 \pm 0,32$ г хв⁻¹ протягом 2 годин ходи з піком ~80% VO₂. Збільшення швидкості окислення жиру призвело до зниження економічності (збільшення потреби в кисні при певній швидкості). На відміну від тренувань з високовуглеводною дієтою тренування з кетодієтою знижувало спортивні результати елітних спортсменів на витривалість, незважаючи на значне поліпшення пікової аеробної здатності. Так, в групі з високовуглеводною дієтою результат бігу на 10 км покращився час на 6,6%, а в групі з кетодієтою не покращився [5]. При кетогенній дієті споживання вуглеводів обмежують до 50 г на добу. Ця кількість вуглеводів еквівалентна одному невеликому банану чи 1–2 картоплянам. За такого харчування близько 75% калорій утворюється з жирів, 20% з білків і лише 5% – з вуглеводів [1].

Вуглеводи мають недоліки порівняно з іншими джерелами енергії, тому що: а) вичерпуються через одну-три години роботи і їх запаси необхідно поповнювати, а жирів вистачає на довше [10]; б) якщо під час бігу вживати вуглеводну їжу організм людини мусить ділити енергію між травною системою і м'язами; в) під час анаеробного розпаду

глікогену утворюється молочна кислота, яка спричиняє зсув рН середовища із слабколужного до слабкокислого, появу набряків, уповільнення процесу утворення енергії і настання втоми; г) у процесі вживання концентрованих вуглеводів по дистанції виникають проблеми з шлунково-кишковим трактом, перегрів організму (*гіпертермія*) та *гіпонатріємія*, які погіршують результат і потенційно загрожують здоров'ю спортсменів з надвтривалістю, якщо робота триває понад 4-х годин.

Вправи з високою інтенсивністю (> 60% VO_{2max}) найкраще підтримуються високими показниками окислення вуглеводів. Зроблено перевірку гіпотези, згідно з якою спортивні результати любителів мали погіршитися після 6-тижнів кетодієти за 5-хв бігу з інтенсивністю > 80% VO_{2max} . Виявлено, що ефективність роботи за тестами на VO_{2max} не змінювалася на будь-якій дієті. Ефективність бігу впродовж перших тижнів була значно вищою у спортсменів, які вживали жирну їжу, а пізніше вирівнялася з результатами спортсменів, які мали високовуглеводне харчування [9].

Аеробні тренування та спорт на витривалість набирають популярності. Спортсмени усіх рівнів шукають шляхи оптимізації тренувальної діяльності за допомогою тренувань та харчування. Якщо робота на витривалість триває понад 30 хв то основними чинниками втоми є зневоднення та виснаження вуглеводів. Високі концентрації глікогену в м'язах можуть бути корисними на початку вправ на витривалість, а в другій половині дистанції пріоритетними є жири. Комбінуванням дієт можна розробити індивідуальну харчову стратегію спрямовану на постачання вуглеводів із печінки до працюючих м'язів із швидкістю, яка залежить від абсолютної інтенсивності вправ і їх тривалості. Спортсменам-стаерам необхідно мінімізувати зневоднення і обмежити втрати маси тіла шляхом потовиділення до 2 – 3%. У перегонах на великі дистанції досить часто виникають проблеми з шлунково-кишковим трактом. Вони генетично обумовлені та індивідуальні й пов'язані з прийомом висококонцентрованих вуглеводних розчинів, гіперосмотичних напоїв, споживанням клітковини, жиру та білка. Для уникнення перегріву організму з поверхні тіла виділяється багато поту, а з ним втрачається значна кількість йонів натрію (*гіпонатріємія*), що спричиняє втому.

Відомо, що високовуглеводна їжа (хліб, вермішель, каша та ін.) спричиняє збільшення маси тіла людини. Інсулінозалежний механізм цього явища ми представили у вигляді графічної схеми [Рис. 1].



Рис.1. Вплив вуглеводів на вміст жирів та масу тіла людини

Інсулінозалежний механізм дії високовуглеводної дієти ґрунтується на давно доведених фактах, що з вуглеводної їжі утворюється значна кількість глюкози. Для зменшення її концентрації в крові виділяється додаткова кількість інсуліну. Інсулін посилює транспорт глюкози в печінку, м'язи, сальники та підшкірний жир. Цей гормон має анаболічні властивості й прискорює біосинтез глікогену, жирів та білків. Залежно від рівня фізичної активності та характеру тренувань відбувається збільшення маси тіла, переважно за рахунок ожиріння [Рис. 1].

Висновки. Доступність вуглеводів, як джерела енергії, зростає за рахунок декількох варіантів їх вживання: а) за

кілька годин або днів до змагань; б) під час виконання фізичних вправ; в) дозаправлення між сеансами.

Донедавна традиційна методична настанова для запасання максимальної кількості енергії вуглеводів за протоколом досягнення суперкомпенсації глікогену передбачала такі фази підготовки: а) 3 дні харчування з низьким вмістом вуглеводів + інтенсивне тренування, б) 3 дні інтенсивного вживання вуглеводів + помірне тренування. На сьогодні вважають, що при відсутності серйозних пошкоджень м'язів запаси глікогену можна нормалізувати за 24 години легких тренувань і достатнього споживання вуглеводів.

Завантаження вуглеводами може підвищити ефективність: бігу на ≥ 30 км, тривалих командних ігор із багаторазовими спринтерськими рухами високої інтенсивності, таких як хокей на льоду, футбол та ін. Важливо, що вуглеводи з низьким глікемічним індексом (швидкістю розщеплення вуглеводу до глюкози) менше пригнічують темпи окислення вільних жирних кислот, ніж з високим. Вправи з високою інтенсивністю ($> 60\% \text{VO}_{2\text{max}}$) найкраще підтримуються високими показниками окислення вуглеводів. Якщо робота на витривалість триває понад 30 хв то основними чинниками втоми є зневоднення та виснаження вуглеводів. Високі концентрації глікогену в м'язах можуть бути корисними на початку вправ на витривалість, а в другій половині дистанції пріоритетними є жири.

Вуглеводи мають переваги порівняно з іншими джерелами енергії в окремих діапазонах інтенсивності фізичних вправ за рахунок: а) значної економії окислення вуглеводів порівняно з жирами (АТФ, що виробляється на 1 л спаленого кисню), б) переваги в стимуляції центральної нервової системи при вживанні та полосканні ротової порожнини розчином вуглеводів.

Порівняно з жирами і білками вуглеводи мають такі недоліки в забезпеченні організму енергією: а) вичерпуються через одну-три години роботи і в подальшому необхідно поповнювати їх запаси, а жирів вистачає на довше; б) якщо під час бігу вживати вуглеводну їжу організм людини мусить ділити енергію між травною системою і м'язами; в) під час анаеробного розпаду глікогену утворюється молочна кислота, яка спричиняє зсув рН середовища із слабколужного до слабкокислого, появу набряків, уповільнення процесу утворення енергії і настання втоми; г) у процесі вживання концентрованих вуглеводів по дистанції виникають проблеми з шлунково-кишковим трактом, перегрів організму (*гіпертермія*) та *гіпонатріємія*, які погіршують результат і потенційно загрожують здоров'ю спортсменів з надвитривалістю, якщо робота триває понад 4-х год.

Інсулінозалежний механізм дії високовуглеводної дієти ґрунтується на тому, що з вуглеводів утворюється підвищена кількість глюкози. Для зменшення її концентрації в крові виділяється додаткова кількість інсуліну. Інсулін посилює транспорт глюкози в печінку, м'язи, сальники та підшкірний жир. Цей гормон має анаболічні властивості й прискорює біосинтез глікогену, жирів та білків. Залежно від рівня фізичної активності та характеру тренувань відбувається збільшення маси тіла, переважно за рахунок ожиріння.

Література

1. Bailey, C.P., Hennessy, E. A review of the ketogenic diet for endurance athletes: performance enhancer or placebo effect?. *J Int Soc Sports Nutr* 17, 33 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00362-9>.
2. Bergström J, Hultman E. A study of the glycogen metabolism during exercise in man. *Scand J Clin Lab Invest*. 1967;19(3):218-28. doi: 10.3109/00365516709090629. PMID: 6048626.
3. Burke LM, Hawley JA, Wong SH, Jeukendrup AE. Carbohydrates for training and competition. *J Sports Sci*. 2011;29 Suppl 1:S17-27. doi: 10.1080/02640414.2011.585473. Epub 2011 Jun 9. PMID: 21660838.
4. Burke LM, Kiens B, Ivy JL. Carbohydrates and fat for training and recovery. *J Sports Sci*. 2004 Jan; 22(1):15-30. doi: 10.1080/0264041031000140527. PMID: 14971430.
5. Burke LM, Ross ML, Garvican-Lewis LA, Welvaert M, Heikura IA, Forbes SG, Mirtschin JG, Cato LE, Strobel N, Sharma AP, Hawley JA. Low carbohydrate, high fat diet impairs exercise economy and negates the performance benefit from intensified training in elite race walkers. *J Physiol*. 2017 May 1;595(9):2785-2807. doi: 10.1113/JP273230. Epub 2017 Feb 14. PMID: 28012184; PMCID: PMC5407976.
6. Burke LM. Low carb high fat (LCHF) diets for athletes – Third time lucky? *J Sci Med Sport* . 2017a; 20: S1. doi: 10.1016 / j.jsams.2017.09.369.
7. Burke LM. Re-Examining High-Fat Diets for Sports Performance: Did We Call the 'Nail in the Coffin' Too Soon? *Sports Med*. 2015 Nov;45 Suppl 1(Suppl 1):S33-49. doi: 10.1007/s40279-015-0393-9. PMID: 26553488; PMCID: PMC4672014.
8. Jeukendrup AE. Nutrition for endurance sports: marathon, triathlon, and road cycling. *J Sports Sci*. 2011;29 Suppl 1:S91-9. doi: 10.1080/02640414.2011.610348. Epub 2011 Sep 15. PMID: 21916794.
9. Prins PJ, Noakes TD, Welton GL, Haley SJ, Esbenschade NJ, Atwell AD, Scott KE, Abraham J, Raabe AS, Buxton JD, Ault DL. High Rates of Fat Oxidation Induced by a Low-Carbohydrate, High-Fat Diet, Do Not Impair 5-km Running Performance in Competitive Recreational Athletes. *J Sports Sci Med*. 2019 Nov 19;18(4):738-750. PMID: 31827359; PMCID: PMC6873122.
10. Ross C, et al. *Modern nutrition in health and disease*. 11th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2014.