

ПРОБЛЕМА ФОРМИРОВАНИЯ СПЕЦИФИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К МАРАФОНСКОЙ ДИСТАНЦИИ

Фатьянов И.А.¹

¹ФГБОУ ВПО «Волгоградская государственная академия физической культуры», Волгоград, Россия (400005, г. Волгоград, проспект Ленина, 78), e-mail: run.rus.fi@mail.ru

В статье рассматриваются основные результаты дискуссии о физиологических и биохимических механизмах энергетического обеспечения соревновательной деятельности в марафонском беге. Основной задачей исследования являлось выявление максимально согласованного мнения специалистов по ряду ключевых вопросов для оценки перспектив последующей трансформации теоретического знания в плоскость педагогических технологий. В результате исследований выявлено, что способность к утилизации жировых запасов является важным адаптационным эффектом аэробной системы энергообеспечения и основным резервом повышения результативности в марафонском беге, который позволяет не только эффективно использовать жиры в качестве энергетического субстрата, но и экономно расходовать эндогенные запасы гликогена. Автор делает вывод о том, что генеральным направлением при создании специфического профиля подготовленности бегунов-марафонцев должно быть развитие способности организма спортсмена использовать в качестве энергетического субстрата жиры (триглицериды).

Ключевые слова: выносливость, марафон, энергетический компонент, энергообеспечение, жиры, углеводы.

PROBLEM OF SPECIFIC POWER SUPPLY PROFILE FORMATION WHILE PREPARATION FOR THE MARATHON DISTANCE

Fatyanov I.A.¹

¹FSBEEHPE «The Volgograd state physical education academy», Volgograd, Russia (400005, Volgograd, Lenin Avenue, 78) e-mail: run.rus.fi@mail.ru

The given article deals with the major results of the discussion on the physiological and biochemical mechanisms of the competitive activity energy supply in marathon running. The main objective of the research was to determine the maximum consensus of experts on key issues for the prospects evaluation of the subsequent transformation of theoretical knowledge into pedagogical technologies. Our results demonstrated that the ability to utilize fat reserves is an important adaptation effect of aerobic energy supply system and the main reserve to improve performance in the marathon, which allows not only to use fat efficiently as an energy substrate, but also to use endogenous glycogen economically. The author concludes that the general direction to create preparedness of a specific profile in marathon runners should be to develop the ability of an athlete to use fats (triglycerides) as an energy substrate.

Keywords: endurance, marathon, energy component, the energy metabolism, fats, carbohydrates.

Введение

Механизмы энергообеспечения мышечной работы различной интенсивности являлись предметом исследования на протяжении нескольких десятилетий. На данный момент накоплен достаточно большой объем знаний, позволяющий оптимизировать подготовку спортсменов к конкретному виду соревновательной деятельности [2-4]. Бег на марафонскую дистанцию является самым длительным соревновательным упражнением беговой программы Олимпийских игр и чемпионатов мира по легкой атлетике. Энергетическое обеспечение работы такой продолжительности имеет свою специфику, понимание которой является основой для разработки и практической апробации технологических подходов, направленных на совершенствование тренировочного процесса бегунов на сверхдлинные дистанции. Проблемная ситуация состоит в том, что новейшие знания в области биоэнергетики не всегда реализуются в

конкретных методических рекомендациях для тренеров и спортсменов, и тем более не детализируются на уровне тренировочных программ.

Задачи и организация исследования

Основной задачей исследования являлось выявление максимально согласованного мнения специалистов по следующим вопросам: принципиальные различия специфического профиля энергообеспечения у бегунов на длинные и сверхдлинные дистанции; биологические механизмы, позволяющие обосновать стратегию развития аэробной жировой мощности; биологические механизмы, позволяющие обосновать стратегию увеличения запасов энергетических субстратов в организме спортсмена. Для решения данной задачи проводился анализ литературных источников, в которых обозначенные вопросы являлись предметом исследований.

Результаты аналитического обзора

Анализ специальной литературы позволил сделать определенные обобщения относительно специфики энергообеспечения мышечной деятельности при преодолении марафонской дистанции.

Двумя основными источниками энергии при мышечной деятельности являются накопленные в организме углеводы (гликоген и глюкоза) и жиры (триглицериды). Рабочие мышцы потребляют смесь метаболических субстратов, а относительный вклад жиров и углеводов к этой смеси находится в динамической зависимости от интенсивности работы и размера доступных резервов гликогена. Углеводы составляют значительную долю при более высокой интенсивности, в то время как жир составляет большую долю в тот момент, когда имеющиеся в наличии запасы гликогена истощаются [10].

Запасы гликогена в скелетных мышцах и печени человека являются ограниченными, в то же время накопления липидов в мышечной и жировой ткани присутствуют в изобилии [7]. Очевидным парадоксом бега на сверхдлинные дистанции является тот факт, что любой из спортсменов обладает запасами жира, достаточными для нескольких часов или дней непрерывного упражнения, однако не любой может ими воспользоваться в процессе преодоления марафонской дистанции [6; 7].

Исследованиями установлено [2; 3; 7 и др.], что аэробная тренировка приводит к снижению среднего дыхательного коэффициента при длительной стандартной работе, что свидетельствует о том, что большая часть энергии вырабатывается за счет окисления жиров. С позиции энергетического обмена, интенсивная нагрузка продолжительностью 90 минут представляет собой критическую величину. Запасов углеводов в мышцах и печени не хватает для преодоления марафонской дистанции даже с учетом углеводного питания во время работы. Таким образом, считается, что большее использование жиров в структуре топливного обес-

печения позволит «сэкономить» гликоген и, следовательно, отдалить наступление утомления [7; 13]. Методы тренировки, которые увеличивают скорость окисления жиров, признаются эффективными в дискуссиях по поводу подготовки марафонцев [1; 3; 5; 12 и др.]. Считается, что спортсмены в состоянии заметно повысить скорость окисления жиров, увеличивая тем самым время интенсивных физических нагрузок перед тем, как организм начнет испытывать углеводное голодание [13].

Несмотря на то что все еще нет полного понимания метаболизма жиров при воздействии на организм физических нагрузок, уже собрано достаточно информации [7-9; 11; 13 и др.]. Среди всех мышечных источников энергии жиры обладают наибольшей энергетической емкостью. В одном грамме жира содержится больше энергии (9 ккал), чем в таком же количестве углеводов и белков (4 ккал). Запасы жира в организме велики – от 10 до 30% его веса. Обычно в триглицеридах, находящихся во всех жировых тканях тела человека, хранится от 50 до 60 тысяч килокалорий энергии. В силу того что такие большие запасы энергии хранятся в относительно небольшом количестве триглицеридов, это дает каждому человеку замечательную возможность носить с собой «топливо» для организма. Если бы вся эта энергия, напротив, хранилась бы в виде углеводов (гликогена), то тяжелые молекулы воды оказались бы связанными с молекулами гликогена, и вес наших энергетических запасов составил бы свыше 45 кг.

Большая часть жиров, используемых марафонцами, поступает, главным образом, из двух источников:

- 1) внутримышечных триглицеридов, которые в виде вкраплений находятся прямо в мышечных волокнах спортсмена;
- 2) триглицеридов, находящихся в адипоцитах, т.е. в жировых клетках, которые имеются во всем теле человека, но больше всего их в подкожной ткани и между органами, находящимися в брюшной полости. Это наиболее важные жировые депо, достаточные для удовлетворения энергетического запроса не только в марафоне, но и на более длинных дистанциях.

Снижение окисления мышечного гликогена в результате тренировок на выносливость напрямую связано с увеличением окисления триглицеридов, получаемых из самих мышц, но не из плазмы. Внутримышечные триглицериды являются основным источником жира, окисление которого происходит быстрее в результате адаптации к тренировкам на выносливость. Именно окисление этого внутримышечного жира соотносимо со снижением потребления внутримышечного гликогена и улучшением показателей выносливости. Большие запасы триглицеридов, находящиеся в жировой ткани, активируются с относительно медленной скоростью. Триглицериды сами по себе не могут покинуть жировые ткани, но в начале выполнения физических упражнений, например во время предсоревновательной разминки,

уровень специальных гормонов (адреналин, норадреналин, глюкагон) в крови повышается, в то время как уровень прочих гормонов (инсулин) снижается, способствуя липолизу. В этот момент свободные жирные кислоты могут покинуть адипоциты и быть перенесены в кровь молекулой белка (альбумин) и затем к рабочим мышцам. Здесь они расщепляются на два атома углерода, связанных в ко-энзим А, и поступают в митохондрии [1; 3].

В тренировках на выносливость внутримышечные триглицериды должны рассматриваться в качестве дополнительного источника энергии, помогающего основному – гликогену. Помимо энергии, поставляемой внутримышечными триглицеридами, еще одним источником энергии для мышц являются триглицериды плазмы. Предполагается, что при физических нагрузках слабой интенсивности, т.е. при 25% $\text{VO}_2 \text{ max}$, свободные жирные кислоты плазмы являются единственным жировым источником энергии. Этот вывод делается на основании того, что скорость окисления жиров в этом случае очень схожа со скоростью исчезновения молекул свободных жирных кислот из крови. Тем не менее при физических нагрузках большей интенсивности общий показатель окисления жиров у людей, тренированных на выносливость, намного превышает показатель исчезновения молекул свободных жирных кислот из крови, тем самым свидетельствуя о том, что дополнительное окисление жиров происходит с задействованием внутримышечных триглицеридов. При нехватке энергии небольшое количество триглицеридов может вырабатываться печенью. Эти триглицериды связываются с липопротеинами очень низкой плотности в плазме, их доля в общем энергоснабжении очень мала. При физических нагрузках интенсивностью 25% $\text{V O}_2 \text{ max}$ отмечен очень низкий показатель окисления внутримышечных триглицеридов, но при интенсивности в 65% $\text{V O}_2 \text{ max}$ на долю внутримышечных триглицеридов приходится уже почти половина всего окисления жиров. Дальнейшие измерения данного показателя при 85% $\text{V O}_2 \text{ max}$ показывают некоторое его снижение [2; 3].

Одним из наиболее значимых функциональных последствий тренировок на выносливость является увеличение размеров и количества мышечных митохондрий, что значительно повышает скорость аэробного метаболизма, т.е. способность мышц использовать кислород для расщепления жиров и углеводов с получением энергии [4].

В литературе [3; 4] выделяются следующие возможные механизмы адаптации с целью повышения аэробной мощности мышечных волокон:

- увеличение размера мышечных волокон (гипертрофия);
- изменение доли красных, белых и промежуточных волокон;
- увеличение запасов эндогенных субстратов;
- увеличение числа митохондрий;

- повышение основных ферментов, участвующих в расщеплении субстратов, используемых в дыхательном фосфорилировании;
- снижение содержания ферментов анаэробного метаболизма при повышении потенциала аэробных процессов;
- увеличение концентрации миоглобина;
- повышение капилляризации мышц.

Задача увеличения запасов эндогенных субстратов в виде гликогена должна решаться применением в тренировке бегунов таких тренировочных средств, которые бы обеспечивали повышение емкости соответствующих энергетических депо (гипертрофия, изменение доли красных мышечных волокон, увеличение числа митохондрий и т.д.).

Задача наполнения соответствующих депо гликогеном достигается манипуляциями с пищевым рационом как до соревнований в марафоне, так и непосредственно в ходе соревнований. Механизмы и способы накопления гликогена в мышцах известны [1; 3; 9; 12]. В частности, речь может идти о методе углеводного насыщения, заключающегося в сочетании низкоуглеводной диеты с истощающей запасы гликогена нагрузкой и последующей высокоуглеводной «загрузкой» в течение 2-3 дней. За это время достигается фаза суперкомпенсации в содержании гликогена в мышцах и печени. Основная опасность, которая может сопровождать применение данного метода, – риск войти в состояние слишком глубокого утомления. При таком развитии событий эффект от суперкомпенсации гликогена может быть полностью нивелирован. Дискуссия специалистов по теме использования углеводного питания в процессе соревновательного упражнения сосредоточена на следующих вопросах: что принимать (состав энергетических смесей), когда принимать (момент начала использования), как принимать (периодичность и объем).

Эффект влияния диеты на топливное обеспечение скелетной мышцы человека представляет давний интерес для специалистов. В настоящее время исследователи склоняются к мнению, что топливная доступность, по сути, обеспечивает «спусковой механизм» для адаптации. Таким образом, применение бедных углеводами диет с высоким содержанием жира перед напряженной тренировкой изменяет специфику использования топлива [12].

Следует отметить некоторый дисбаланс интересов в исследованиях, посвященных изучению механизмов энергообеспечения в марафонском беге. На наш взгляд, имеет место смещение акцента на обоснование эффективности применения пищевых стратегий в подготовке марафонцев. На этом фоне можно говорить о дефиците разработок, посвященных обоснованию эффективных средств и методов тренировки. Мы считаем, что проблема трансформации новейших знаний в области физиологии и биохимии в плоскость педагогических технологий применительно к исследуемой нами спортивной дисциплине остается актуаль-

ной. Так, вывод о том, что способность мышц к утилизации жировых запасов является важным адаптационным эффектом марафонской тренировки, делается на основании исследований, проведенных на бегунах данной специализации. При этом ключевой вопрос о том, каким способом были достигнуты данные адаптационные изменения у конкретного спортсмена из исследуемой выборки, остается вне зоны внимания. Посыл в сторону практики ограничивается следующим абсолютно обоснованным, но не перегруженным информацией заключением: поскольку соответствующие изменения в метаболизме происходят при длительной работе умеренной интенсивности, то именно значительные объемы использования такого тренировочного средства, как длительный бег продолжительностью до 2-3 часов, является основным отличием тренировки марафонцев от тренировок бегунов на длинные дистанции. Дальнейшая детализация и реализация данного тезиса происходит на уровне собственного понимания и интерпретации специалистами-практиками, которым эмпирическим путем приходится находить ответы на вопросы о продолжительности таких нагрузок, об объемах использования, о возможности добиваться целевого адаптационного эффекта другими, более эффективными средствами и методами тренировки.

Заключение

Несмотря на то что многие аспекты проблемы понимания механизмов энергообеспечения при длительной работе требуют дальнейшего изучения, нам удалось выявить некоторые положения, относительно которых мнения специалистов максимально согласованы.

1. Для обеспечения мышечных локомоций во время преодоления марафонской дистанции запасов гликогена не хватает, и вклад жиров в энергообеспечение за счет окисления свободных жирных кислот возрастает.
2. Специфической особенностью марафонской дистанции, в отличие от других видов легкой атлетики, является значимость применения пищевых стратегий в процессе подготовки и участия в соревнованиях, а именно:
 - необходимость и возможность наполнения энергетических депо углеводными запасами непосредственно перед соревнованиями в марафоне;
 - возможность пополнения энергетических запасов непосредственно в ходе соревнований;
 - возможность повышения специализированности и эффективности тренирующих воздействий за счет сопряженного использования физических нагрузок и «пищевых манипуляций».
3. Способность мышц к утилизации жировых запасов является важным адаптационным эффектом системы энергообеспечения и резервом повышения результативности в марафонском беге, позволяющим не только обеспечить интенсивное использование жиров как энергетического субстрата, но и сохранить гликоген для дальнейшей мобилизации.

Проведенные исследования позволяют утверждать, что генеральным направлением при создании специфического профиля подготовленности бегунов-марафонцев должно быть формирование и совершенствование «энергетического» компонента подготовленности, то есть способности организма спортсмена утилизировать большое количество липидов в качестве энергетического субстрата. Наименее изученным и открытым для дальнейшего научного поиска остается вопрос о способах стимулирования липолиза в тренировочном процессе бегунов на сверхдлинные дистанции при формировании основного целевого адаптационного эффекта.

Список литературы

1. Арсели Э. Тренировка в марафонском беге: научный подход / Э. Арсели, Р. Канова. - М. : Terra-Спорт, 2000. – 67 с.
2. Волков Н.И. Биохимия мышечной деятельности / Н.И. Волков, Э.Н. Несен, А.А. Осипенко, С.Н. Корсун. – М. : Олимпийская литература, 2000. – 494 с.
3. Мякинченко Е.Б. Развитие локальной мышечной выносливости в циклических видах спорта / Е.Б. Мякинченко, В.Н. Селуянов. – М. : ТВТ Дивизион, 2009. – 360 с.
4. Чёмов В.В. Физиологические основы функциональной подготовки спортсменов : монография / В.В. Чёмов, И.Н. Солопов, Е.П. Горбанева, А.А. Шамардин, Д.В. Медведев, А.Г. Камчатников. – Волгоград : ФГОУВПО «ВГАФК», 2010. – 346 с.
5. Фатьянов И.А. Тренировка в беге на выносливость. – Волгоград : ФГОУ ВПО «ВГАФК», 2007. – 131 с.
6. Benjamin I. Metabolic factors limiting performance in marathon runners // Plos Computational Biology. – 2010. – Volume 6, № 10. – P. 10 – 15.
7. Burke L.M. Effects of short-term fat adaptation on metabolism and performance of prolonged exercise / L.M. Burke and J.A. Hawley // Med. Sci. Sports Exerc. – 2002. – № 6. – P. 121 – 132.
8. Erlenbusch M. Effect of high-fat or high-carbohydrate diets on endurance exercise: a meta-analysis / M. Erlenbusch, M. Haub, K. Munoz, S. MacConnie and B. Stillwell // Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab. – 2005. – № 15 (1). - P. 1 – 14.
9. Perry C.G. High intensity aerobic interval training increases fat and carbohydrate metabolic capacities in human skeletal muscle / C.G. Perry, G.J. Heigenhauser, A. Bonen and L.L. Spriet // Appl. Physiol. Nutr. Metab. – 2008. – № 33 (6). – P. 1112 – 1123.
10. Romijn A.J. Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration / A.J. Romijn, E.F. Coyle, L.S. Sidossis, A. Gastaldelli, J.F. Horowitz, et al. // Am. J. Physiol. – 1993. – № 265. – P. 380 – 391.

11.Vogt M. Effects of dietary fat on muscle substrates, metabolism, and performance in athletes / M. Vogt, A. Puntchart, H. Howald, B. Mueller, C. Mannhart, L. Gfeller-Tuescher, M. Phoppele // J. Med. Sci. Sports Exerc. – 2003. – № 35 (6). – P. 952 – 960.

12.Yeo W.K. Fat adaptation in well-trained athletes: effects on cell metabolism / W.K. Yeo, A.L. Carey, L. Burke, L.L. Spriet and J.A. Hawley // J. Appl. Physiol. nutr. metab. – 2011. – № 36. – P. 12 – 22.

13.Yeo W.K. Fat adaptation followed by carbohydrate restoration increases AMPK activity in skeletal muscle from trained humans / W.K. Yeo, S.J. Lessard, Z.P. Chen, A.P. Garnham, L.M. Burke, D.A. Rivas et al. // J. Appl. Physiol. – 2008. – № 105 (5). – P. 1519 – 1526.

Рецензенты:

Якимович В.С., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Гуманитарные дисциплины» ФГБОУ ВПО «Волжский институт строительства и технологий (филиал) Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета», г. Волжский.

Черкашин В.П., д.п.н., профессор, проректор по учебной работе ФГБОУ ВПО «Волгоградская государственная академия физической культуры», г. Волгоград.