

ПРИКЛАДНАЯ СПОРТИВНАЯ НАУКА

Международный
научно-теоретический журнал

№ 2 (6)

Минск
2017

МИНИСТЕРСТВО СПОРТА И ТУРИЗМА
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«РЕСПУБЛИКАНСКИЙ НАУЧНО-
ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР СПОРТА»

№ 2 (6)

2017 г.

ПРИКЛАДНАЯ СПОРТИВНАЯ НАУКА

*Международный
научно-теоретический журнал
Издается с 2015 г.
Выходит два раза в год*

Учредитель:

*государственное учреждение
«Республиканский научно-практический
центр спорта»*

Адрес: ул. Воронянского, 50/1, 220007, г. Минск,
тел. (017) 225 80 60,
факс (017) 327 27 26
www.medsport.by
e-mail: post@medsport.by

Ответственный за выпуск Г. М. Загородный
Компьютерная верстка Е. Э. Петрова
Корректор Н. В. Кулик

Подписано в печать 18.12.2017.
Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная № 1.
Усл. печ. л. 14,83. Уч.-изд. л. 10,73.
Тираж 100 экз. Заказ 153

Отпечатано с оригинал-макета заказчика.

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий
№ 1/447 от 14.11.2014
Ул. Воронянского, 50/1, 220007, Минск

ISSN 2415-329X

Главный редактор

*Загородный Г. М.,
канд. мед. наук, доц.; Беларусь*

Заместитель главного редактора

*Масловский Е. А.,
д-р пед. наук, проф.; Беларусь*

Ответственный секретарь

*Иванчикова Н. Н.,
канд. биол. наук; Беларусь*

Члены редколлегии:

*Барков В. А., д-р пед. наук, проф.; Беларусь
Калинкин Л. А., д-р мед. наук, проф.; Россия
Марищук Л. В., д-р психол. наук, проф.; Беларусь
Мельнов С. Б., д-р биол. наук, проф.; Беларусь
Нарский Г. И., д-р пед. наук, проф.; Беларусь
Кручинский Н. Г., д-р мед. наук, доц.; Беларусь
Плетнев С. В., д-р техн. наук, проф.; Беларусь
Сиваков А. П., д-р мед. наук, проф.; Беларусь
Ширковец Е. А., д-р пед. наук, д-р биол. наук, проф.; Россия
Нехвядович А. И., канд. пед. наук, доц.; Беларусь
Рыбина И. Л., канд. биол. наук; Беларусь
Моссэ И. Б., д-р биол. наук, проф.; Беларусь
Гаврилова Е. А., д-р мед. наук, проф.; Россия
Ачкасов Е. Е., д-р мед. наук, проф.; Россия
Сукало А. В., д-р мед. наук, проф.; Беларусь
Кильчевский А. В., д-р биол. наук, проф.; Беларусь
Альберт Голлхофер, д-р мед. наук, проф., Германия
Триша Лихи, д-р психол. наук, КНР.*

МЕТОД КОНТРОЛЯ ДОЗЫ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ СПОРТСМЕНАМИ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА

С. С. Осочук, д-р мед. наук, доцент,

А. Ф. Марцинкевич,

УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет»

Аннотация

Эссенциальные жирные кислоты являются эффективным средством повышения работоспособности спортсменов. Вместе с тем недостаточная доза их потребления может не обеспечить увеличение работоспособности, а избыточная доза способна вызвать гемолиз, кровотечения и повышенную утомляемость. В статье обосновывается метод контроля дозы потребления эссенциальных жирных кислот у спортсменов циклических видов спорта, согласно которому возможно проводить мониторинг работоспособности спортсмена для поддержания ее на высоком уровне, без риска негативных последствий.

CONTROL METHOD OF ESSENTIAL FATTY-ACIDS CONSUMPTION DOSE OF CYCLIC KIND OF SPORTS' SPORTSMEN

Abstract

Essential fatty-acids are effective means of sportsmen's performance incoordination increasing. Also, underdose of it consumption can't provide increasing of performance incoordination, but overdose could cause hemolysis, bleeding and undue fatigability. Control method of essential fatty-acids consumption dose of cyclic kind of sports' sportsmen, whereby it's possible to carry out the monitoring of sportsmen's incoordination for the purpose of maintaining it on the high level without negative implications' risk, is substantiated.

Введение

Эссенциальные (не синтезирующиеся в организме) жирные кислоты способны оказывать положительное влияние на результативность тренировок спортсменов [0], увеличивать их работоспособность в тесте на велоэргометре (PWC-170) [2]. Положительное влияние эссенциальных жирных кислот на работоспособность спортсменов может быть реализовано через изменение физико-химических свойств мембран эритроцитов и активность трансмембранного переноса кислорода и углекислого газа с последующей оптимизацией работы эффекта Бора. Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) способны изменить организацию детергентустойчивых областей мембран [3], т.н. липидных «рафтов» (прибелковый или аннулярный липидный пул), играющих важную роль в регуляции активности трансмембранных белков [5]. Сфингомиелины и холестерол, являющиеся важными компонентами прибелкового (аннулярного) липидного пула, элиминируются из зоны белок-липидных взаимодействий в случае высокого содержания ПНЖК в пище [4, 6], что отражается в изменении функционального состояния мембран. Реализация эффектов ПНЖК возможна и через влияние на экспрессию генов эйкозаноидами [7], являющимися продуктами преобразования ПНЖК.

Таким образом, результативность применения ПНЖК определяется изменением физико-химических свойств мембран клеток, достигающих оптимальных значений при эффективной дозе потребляемых ПНЖК. Учитывая, что спортсмены являются «быстрыми метаболизаторами», эффективная доза ПНЖК у них выше, чем у лиц, не занимающихся спортом [8].

К сожалению, избыточное потребление ПНЖК с пищей способно вызвать и негативные изменения, заключающиеся в снижении осмотической устойчивости эритроцитов и увеличении активности гемолиза [9, 10].

Высокое содержание ПНЖК в рационе питания оказывает влияние и на метаболизм эйкозаноидов [11], в частности на синтез простаглицина PGI_2 , избыток которого может повышать время свертывания крови и риск кровотечений [12]. Кроме того, избыток некоторых эйкозаноидов у спортсменов повышает утомляемость и время восстановления после тренировок, нарушает нервно-мышечную передачу и ухудшает способность к регенерации костной и хрящевой ткани [13].

Таким образом, учитывая высокую эффективность ПНЖК как средства повышения работоспособности спортсменов, их потребление должно быть введено в рацион спортсменов, однако при этом их доза не должна вызывать негативных последствий. Контроль количества потребляемых жирных кислот может быть осуществлён с использованием газожидкостной хроматографии путём их прямого определения в сыворотке крови или мембранах клеток крови. Однако этот метод требует дорогостоящего оборудования и высококвалифицированного персонала, что ограничивает его широкое использование. Помимо этого, данный метод не учитывает взаимосвязи ПНЖК с функциональной активностью органов и систем, что не позволяет определить эффективность применения ПНЖК в каждом конкретном случае.

В связи с этим высокую актуальность приобретает разработка информативного и простого в использовании метода, лишённого вышеуказанных недостатков.

Цель исследования: разработка метода контроля эффективной дозы потребления ПНЖК в рационе питания спортсменов циклических видов спорта на основании физико-химических характеристик мембран эритроцитов, возраста и веса.

Методы исследования

Экспериментальные группы формировались из спортсменов циклических видов спорта с уровнем спортивного мастерства от 1 взрослого разряда до кандидата в мастера спорта, обучавшихся в учреждении образования «Витебское государственное училище олимпийского резерва» (УО «ВГУОР»). Всего обследовано 30 спортсменов (18 юношей, 12 девушек). Опытная группа состояла из 14 спортсменов принимавших льняное масло во время обеда по 1 столовой ложке (12–17 граммов). Контрольная группа (группа сравнения) включала 16 спортсменов, не принимавшая льняного масла. Обследованные спортсмены были сопоставимы по уровню спортивного мастерства и возрасту, а также полу ($p > 0,05$).

Льняное масло было получено на условиях спонсорской помощи в рамках заключённого договора о сотрудничестве между УО «ВГМУ» и ООО «Клуб «Фарм-Эко» (Республика Беларусь, г. Дрогичин). Забор крови осуществлялся в утренние часы, натощак, в одноразовые вакутайнеры с цитратом натрия в начале эксперимента (до первого приема льняного масла) и через 15 дней от начала эксперимента. Одновременно регистрировали возраст и вес обследуемых.

Выделение мембран эритроцитов производили по методу Доджа [14]. Физико-химические свойства мембран эритроцитов оценивали при помощи метода флуоресцентного зондирования с использованием пирена [15] после их стандартизации по количеству белка, определявшегося по методу Лоури [16]. Были определены микровязкость при белковом (MVA) и общего (MVG) липидных пулов, а также глубина погружения белков в билипидный слой мембраны (θ).

Физическая работоспособность определялась в день забора крови перед началом эксперимента и после 15 дней приёма льняного масла в учреждении образования «Витебский областной диспансер спортивной медицины». Для определения работоспособности использовали аппаратно-программный комплекс «Интеркард-4» с последующим расчетом показателя PWC-170 («Physical Working Capacity») [17].

С целью получения интегрального показателя работоспособности как критерия адекватности потребления ПНЖК на основании метода генетических алгоритмов, при помощи логистической регрессии проводили математическое моделирование и находили наиболее точную форму взаимосвязи между показателем PWC-170 и физико-химическими свойствами мембран эритроцитов, весом и возрастом спортсменов.

Для определения возможных механизмов влияния льняного масла на работоспособность определяли активность массопереноса кислорода через мембрану эритроцитов с использованием электрода Кларка [18]. Математический анализ выполнялся

в среде **R 3.3.1**. Для оценки качества полученной модели использовали метод кросс-валидации и **ROC-анализ**. Отличия считали статистически значимыми при **p<0,05**.

Результаты и обсуждение

Исследование активности отдачи кислорода с использованием электрода Кларка показало статистически значимое его увеличение в группе спортсменов, принимавших льняное масло (**p = 0,03193**, рисунок 1).

Исследование **PWC-170** показало рост физической работоспособности (**ФР**) у спортсменов, принимавших льняное масло в течение 15 дней на **42,62%** (**p=0,03357**) в сравнении с контрольной группой. Так, работоспособность у опытной группы была равна **1534,96±356,72** кгм/мин, в то время как у спортсменов, не принимавших льняное масло **ФР** составила **1076,19±90,00** кгм/мин.

Учитывая, что в группе спортсменов, принимавших льняное масло, наблюдалось статистически значимое увеличение активности отдачи кислорода эритроцитами, можно предположить, что рост работоспособности обусловлен, в том числе, и более эффективной доставкой кислорода к мышцам.

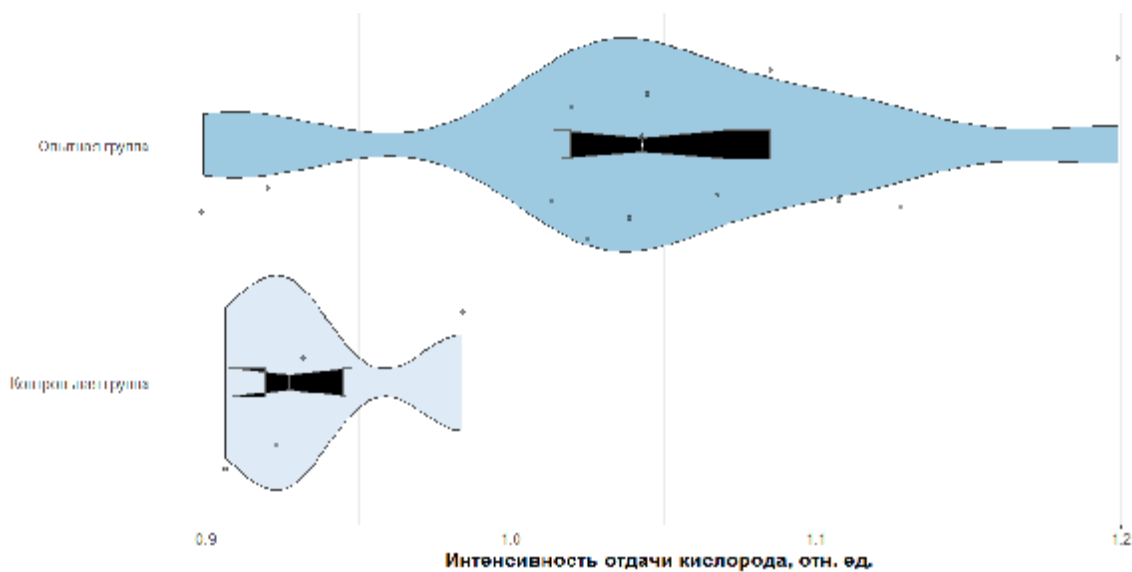


Рисунок 1 – Интенсивность отдачи кислорода в группе спортсменов принимавших и не принимавших льняное масло

Вместе с тем, по указанным ранее причинам, избыточное потребление ПНЖК может оказывать негативный эффект и должно быть подконтрольно. Для определения оптимального количества льняного масла использовался регрессионный анализ.

Согласно полученным результатам **ФР** достаточно полно описывается уравнением логистической регрессии:

$$ФР = \frac{1}{1 + e^{-x}} \cdot 100\%,$$

где $x = -18,91 + 0,307 \times \text{вес} - 0,0485 \times \text{theta} \times \text{возраст} + 0,00454 \times \text{вес} \times \text{MVA10} + 0,0194 \times \text{theta} \times \text{MVG1}$, e – основание натурального логарифма (2,718),

вес – вес спортсмена в килограммах, *theta* – глубина погружения белка в бислой, *возраст* – количество полных лет, *MVA10* и *MVG1* – микровязкость мембран эритроцитов в зоне прибелкового окружения и общего липидного пула при концентрации пирена 10 и 1 мМ, соответственно.

Модель обладает высокой предсказательной способностью. Так, например, точность (диагностическая эффективность) предложенного метода составила **93,33%** с **95%** доверительным интервалом, равным **73,47 – 97,89%**. Чувствительность – **81,82%**, специфичность – **100,00%**, прогностическая ценность положительного результата – **100,00%**, прогностическая ценность отрицательного результата – **90,48%**, площадь под кривой (**AUC**) – **89,95%**.

Рассматривая значимость использованных для построения модели предикторов (рисунок 2), можно обратить внимание на то, что увеличение массы тела спортсмена положительно связано с прогнозируемой физической работоспособностью. Вместе с тем, более зрелые спортсмены, исходя из построенной модели, будут показывать меньшие результаты в тесте на выносливость.

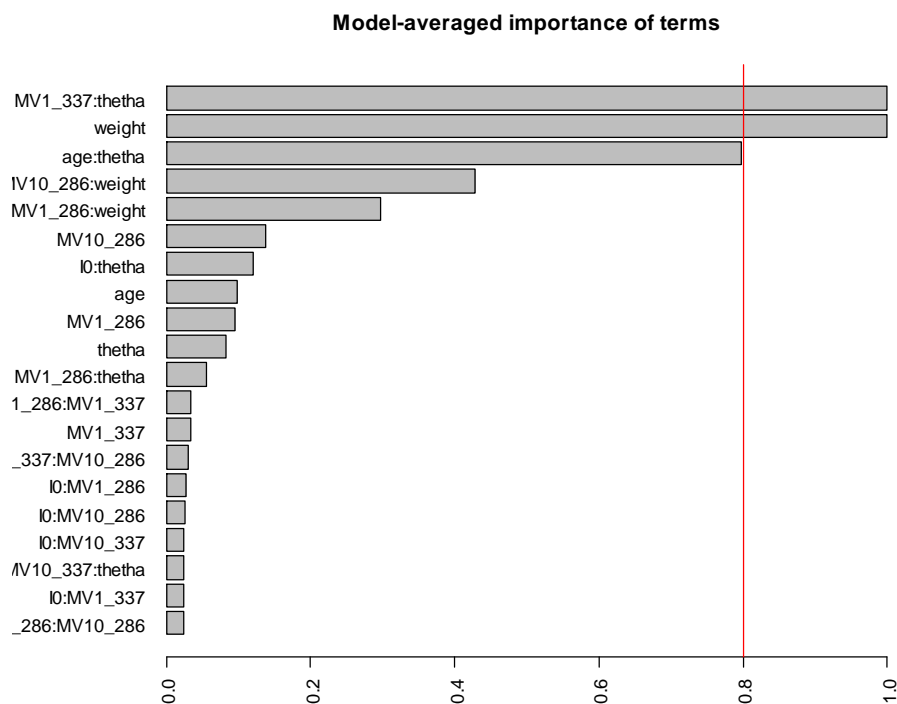


Рисунок 2 – Значимость использованных в модели предикторов

Следует также обратить внимание на то, что некоторые параметры физико-химического состояния мембраны вошли в модель не как индивидуальные предикторы, а как их взаимодействие. Таким образом, можно говорить о достаточно сложной системе функционирования мембраны эритроцита, которая учитывает как жидкость мембраны, так и глубину погружения белков в бислой.

Порог отсечения, полученный на основании логистической регрессии, и служащий для определения «высокой» физической работоспособности, равен **49,16%**.

Вместе с тем, учитывая, что в ходе исследования нами не было отмечено объективного, равно как и субъективного ухудшения состояния спортсменов, в качестве верхней границы, определяющей потенциально опасную зону, можно установить **79,51%**, что численно равно третьему квартилю распределения физической работоспособности спортсменов после проведения исследования.

Таким образом, показатель, входящий в интервал между нижним и верхним граничными значениями интегрального показателя может считаться характеристикой оптимального употребления ПНЖК, обеспечивающего повышение работоспособности. Выход за границы оптимальных значений свидетельствует либо о недостаточном, либо избыточном потреблении ПНЖК.

Заключение

В итоге проведенной работы разработан метод определения эффективной дозы потребления эссенциальных жирных кислот у спортсменов циклических видов спорта.

Список использованных источников

1. Mickleborough, T.D. Omega-3 polyunsaturated fatty acids in physical performance optimization / T.D. Mickleborough // *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* – № 23(1). – 2013. – P. 83-96.
2. Осочук, С.С. Увеличение работоспособности спортсменов циклических видов спорта льняным маслом / С.С. Осочук, А.Ф. Марцинкевич, М.П. Королевич // *Состояние здоровья: медицинские,*

социальные и психолого-педагогические аспекты: VII Междунар. науч.-практ. интернет-конференция / Забайкал. гос. ун-т; отв. ред. С.Т. Кохан. – Чита : Забайкал. гос. ун-т, 2016. – С. 315-320.

3. Edidin M. The state of lipid rafts: from model membranes to cells / M. Edidin // *Annu Rev Biophys Biomol Struct.* – № 32. – 2003. – P. 257-283.

4. Fan, Y-Y. Dietary (n-3) polyunsaturated fatty acids remodel mouse T-cell lipid rafts / Y-Y Fan [et al.] // *J Nutr.* – № 133. – 2003. – P. 1913-1920.

5. Hendriks, T. Biochemical aspects of the visual process. XXXII. Movement of sodium ions through bilayers composed of retinal and rod outer segment lipids / T. Hendriks [et al.] // *Biochim. Biophys. Acta.* – № 433. – 1976. – P. 271-281.

6. Stillwell, W. Docosahexaenoic acid: membrane properties of a unique fatty acid / W. Stillwell, S.R. Wassall // *Chemistry and Physics of Lipids.* – № 126. – 2003. – P. 1-27.

7. Surette, M.E. Mechanisms and innovations The science behind dietary omega-3 fatty acids / M.E. Surette // *CMAJ.* – № 178 (2). – 2008. – P. 177-180.

8. Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases: Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation / Joint WHO/FAO expert consultation // *WHO Technical report series.* – 2008. – Vol. 916. – 149 p.

9. Kirchgessner, M. The effects of dietary oils on the fatty acid composition and osmotic fragility of rat erythrocytes / M. Kirchgessner // *Z Ernährungswiss.* – № 33(2). – 1994 – P. 146-158.

10. Martorell, M. Effect of DHA on plasma fatty acid availability and oxidative stress during training season and football exercise / M. Martorell [et al.] // *Food Funct.* – № 5(8). – 2014. – P. 1920-1931.

11. Goodnight, S.H. The effects of dietary omega 3 fatty acids on platelet composition and function in man: a prospective, controlled study / S.H. Goodnight, W.S. Harris, W.E. Connor // *Blood.* – № 58. – 1981. – P.880-885.

12. Nandivada, P. Risk of post-procedural bleeding in children on intravenous fish oil / P. Nandivada [et al.] // *Am J Surg.* – 2016. – [Epub ahead of print].

13. Maffetone, P. *The Big Book of Endurance Training and Racing.* – Skyhorse Publishing. – 2013. – 528 p.

14. Dodge, J. The preparation and chemical characteristics of hemoglobin free ghosts of erythrocytes / J. Dodge, C. Mitchell, D. Hanahan // *Arch Biochem Biophys.* – 1963. – Vol. 100, N 1. – P. 119-130.

15. Добрецов, Г.Е. Флуоресцентные зонды в исследовании клеток, мембран и липопротеинов / Г.Е. Добрецов. – М.: Наука, 1989. – 277 с.

16. Protein measurement with the folin phenol reagent / O.H. Lowry [et al.] // *The Journal of Biological Chemistry.* – 1952. – V. 193. – P. 265-275.

17. Карпман, В.Л. Тестирование в спортивной медицине / В.Л. Карпман, З.Б. Белоцерковский, И.А. Гудков. – М.: ФиС, 1988. – 208 с.

18. Осочук, С. С. Окислительная модификация белков и липидов мембран эритроцитов спортсменов циклических видов спорта [Текст] / С. С. Осочук, А. Ф. Марцинкевич // *Вестник БГУ. Серия 2.* — 2015. — № 2. — С. 47-52.

30.10.2017

УДК 796.01:612(06)

ПРОБЛЕМЫ ВОЗРАСТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ АДАПТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ У ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ

С. В. Погодина, канд. биол. наук, доцент,

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»;

Г. Д. Алексанянц, д-р мед. наук, профессор,

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма»

Аннотация

В статье представлены многоуровневые исследования адаптационных процессов основных систем организма высококвалифицированных спортсменов мужского и женского пола 16–46 лет. Для изучения адаптационных функций основных систем (гормональных, метаболических, неспецифических, вегетативных нервных, гемодинамических, респираторных) использованы иммунологический, гематологический, биохимический, антропометрический методы и реографический, спирометрический и газовый виды анализа. Результаты качественно и количественно характеризуют