



**MONGOLIAN NATIONAL UNIVERSITY OF
MEDICAL SCIENCES**

TRANSBAIKAL STATE UNIVERSITY

DONBASS STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY



***The VIII International Scientific and Practical Internet
conference***

***«MEDICAL, SOCIAL, PSYCHOLOGICAL AND PEDAGOGICAL
ASPECTS OF HEALTH»***

13-17 February, 2017

<http://conference.mnums.edu.mn/>

Улан-Батор – Чита – Славянск

УДК 613(082)
ББК 51.204.0я431
С 667

С
667 **Состояние здоровья: медицинские, социальные и психолого-педагогические аспекты:** VIII Междунар. науч.-практ. интернет-конференция / МНУМН; отв. ред. Сугармаа Мягмаржав. – Улан-Батор: МНУМН, 2017. – 955 с.

ISBN 978-99978-0-261-3

Материалы сборника представлены в авторской редакции.

УДК 613(082)
ББК 51.204.0я 431

ISBN 978-99978-0-261-3

© Монгольский национальный
университет медицинских наук, 2017
© Коллектив авторов 2017

**НЕКОТОРЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ ЖИДКОСТНОСТИ
МЕМБРАН ЭРИТРОЦИТОВ СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ
ВИДОВ СПОРТА**

Сергей Стефанович Осочук

*доцент, доктор медицинских наук,
Витебский государственный ордена
Дружбы народов медицинский университет,
г. Витебск, Россия
e-mail: oss62@mail.ru*

Александр Францевич Марцинкевич

*старший преподаватель кафедры общей и клинической биохимии,
Витебский государственный ордена
Дружбы народов медицинский университет,
г. Витебск, Россия
e-mail: argentum32@gmail.com*

Александр Сергеевич Осочук

*студент 5 курса лечебного факультета,
Витебский государственный ордена
Дружбы народов медицинский университет,
г. Витебск, Россия
e-mail: aos95@mail.ru*

Аннотация. В статье рассматриваются особенности регуляции жидкостности мембран эритроцитов у спортсменов циклических видов спорта посредством изменения относительного количества полиненасыщенных жирных кислот и изменения микрополярности аннулярного (прибелкового) и общего липидного пулов. Показано, что наиболее важными показателями, влияющими на микрополярность

общего липидного пула у спортсменов является микровязкость прибрежного бислая, индекс ненасыщенности сфингомиелинов, а также их взаимодействие.

Ключевые слова: мембраны эритроцитов, микровязкость, микрополярность, жирные кислоты, ПНЖК, спорт.

SOME MECHANISMS OF THE ERYTHROCYTE MEMBRANE FLUIDITY REGULATION IN CYCLIC SPORTS ATHLETES

Sergey Stefanovich Osochuk

associate professor, doctor of medical sciences,

Vitebsk state Orders of Friendship of the people medical university,

Vitebsk, Russia

Alexander Frantsevich Martsinkevich

senior teacher of department of the general and clinical biochemistry,

Vitebsk state Orders of Friendship of the people medical university,

Vitebsk, Russia

Alexander Sergeyevich Osochuk

student of the 5th course of medical faculty,

Vitebsk state Orders of Friendship of the people medical university,

Vitebsk, Russia

Abstract. *In article features of a regulation of fluidity of membranes of erythrocytes at athletes of cyclic sports by means of change of relative amount of polyunsaturated fatty acids and change of micropolarity of annulyarny (pribelkovy) and the general lipide pools are considered. It is shown that the most important indicators influencing micropolarity of the general lipide pool at athletes is microviscosity of pribelkovy бислая, an index of nonsaturation of sphingomyelins, and also their interaction.*

Keywords: *membranes of erythrocytes, microviscosity, micropolarity, fatty acids, PNZhK, sport.*

Актуальность. Микровязкость клеточных мембран является одним из наиболее важных физико-химических свойств определяющих функциональную активность, как самих мембран и клеток, так и всего организма в целом [10]. У спортсменов высокой квалификации, в связи со значительными психоэмоциональными нагрузками предъявляются повышенные требования к состоянию мембран эритроцитов. В связи с этим поддержание оптимальной для функционирования эритроцитов микровязкости их мембран является одной из наиболее важных задач метаболизма спортсмена [2]. Известно, что микровязкость мембран определяется в том числе, полиненасыщенными жирными кислотами (ПНЖК) [3]. Наиболее важными жирными кислотами для организма являются незаменимые ПНЖК $\omega 3$ и $\omega 6$ ряда, что определяет их высокую значимость в структуре питания [4]. Высокая значимость эссенциальных жирных кислот нашла отражение в нормах их потребления для спортсменов, которая составляет 2-3% от энергозатрат спортсмена в пересчете на энергоемкость жирных кислот [5]. К сожалению, в настоящее время этот вопрос не учитывается в питании спортсменов, что способно привести к функциональному дефициту ПНЖК у спортсменов. В условиях повышенной физической нагрузки возникает риск изменения физико-химических свойств мембран эритроцитов и, как следствие, нарушения их функциональной активности.

Однако, текучесть мембраны эритроцита определяется не только жирнокислотным спектром, но и перекисной модификацией ацильных радикалов липидов, вследствие которой в гидрофобной зоне мембраны могут возникать полярные кластеры гидроксо- и оксогрупп,

оказывающие «разрыхляющее» действие. Ранее нами было показано, что активность перекисной модификации белков эритроцитов спортсменов циклических видов спорта, увеличивается по мере роста их спортивного мастерства и ассоциирована с активностью трансмембранного переноса кислорода [6]. Возможно, выявленный эффект связан с функциональным дефицитом эссенциальных ПНЖК.

В связи с вышеизложенным, целью нашей работы было изучение взаимодействия жирнокислотного состава и микровязкости, а также микрополярности у спортсменов циклических видов спорта и лиц, не занимающихся спортом.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели была сформирована опытная группа, состоящая из спортсменов обоего пола со спортивной квалификацией 1 взрослого разряда (I), кандидата в мастера спорта (КМС) и мастера спорта (МС) в возрасте $18,2 \pm 1,1$ года. В группу сравнения включены здоровые молодые люди обоего пола, не занимающиеся регулярными физическими упражнениями (возраст $19,0 \pm 2,1$ года).

Выделение мембран эритроцитов проводили по методу Доджа. Фосфолипиды экстрагировали смесью хлороформа и метанола (2:1), метилировали 2М раствором натрия метоксида в метаноле и анализировались на газовом хроматографе Focus GC (Thermo Fisher Scientific). Идентификацию жирных кислот проводили по времени удержания стандартов метиловых эфиров (Sigma Aldrich), количество оценивали по площади пика. Индекс ненасыщенности рассчитывали для сфингомиелинов и фосфатидилхолинов как отношение суммарного содержания ненасыщенных жирных кислот к сумме насыщенных жирных кислот на хроматограмме.

Микровязкость аннулярного и общего липидного слоя оценивали как отношение интенсивности пиков флуоресценции при длинах волн

374-376 нм и 470-480 нм при длине волны возбуждения 286 и 337 нм соответственно. Об окислительной модификации билипидного слоя мембран эритроцитов судили по его микрополярности после титрования пиреном, рассчитанной как отношение испускания первого вибронного пика к третьему пику мономеров пирена [7].

Обработка полученных данных проводилась с использованием статистического пакета R 3.3.1. Построение байесовской сети доверия производили на основании гибридного алгоритма MMHC (Max-Min Hill Climbing) на основе пакета bnlearn. Регрессионный анализ осуществляли с использованием модуля glmulti («Обобщенные линейные модели») в интегрированной среде разработки RStudio v. 0.99. Выбор модели линейной регрессии осуществлялся итерационно на базисе генетических алгоритмов согласно информационному критерию Акаике. Кластеризация исследуемых показателей проводилась по методу «k-средних». Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. Для определения структуры взаимодействия жирнокислотного профиля и физико-химических свойств мембран эритроцитов, таких как микровязкость аннулярного (MVA1) и общего (MVG1) липидного пула, а также микрополярности аннулярного (MPA1) и общего (MPG1) липидных пулов, был использован метод байесовских сетей доверия (рисунок 1).

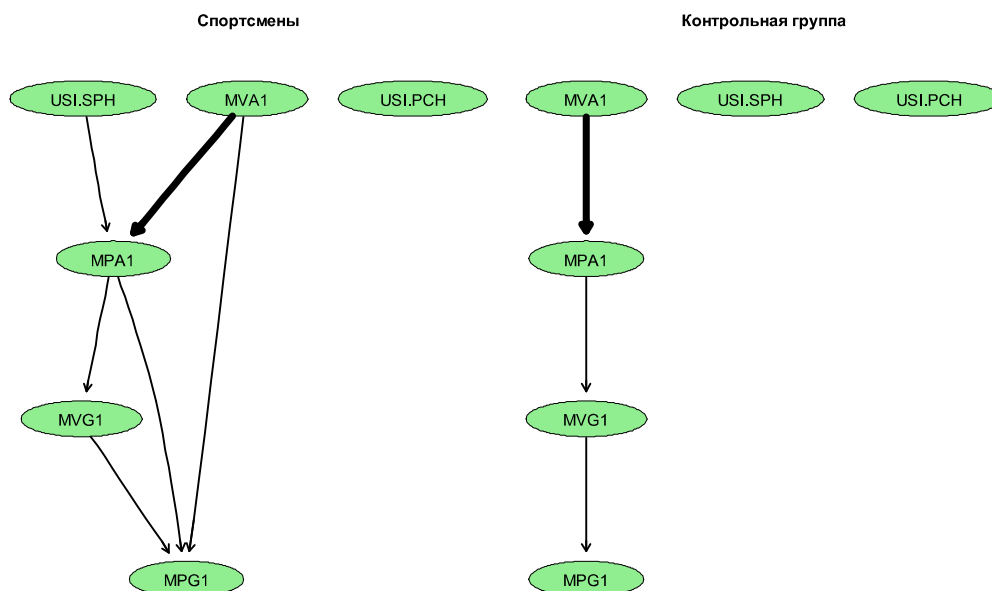


Рис. 1. Графическое отображение структуры взаимодействий физико-химических свойств мембран эритроцитов и жирнокислотного профиля мембран эритроцитов спортсменов и лиц, не занимающихся спортом (USI.SPH и USI.PCH – индекс ненасыщенности для сфингомиелинов и фосфатидилхолинов, соответственно).

Полученная модель взаимодействий обладает достаточно высокой точностью (средняя абсолютная ошибка, выраженная в процентах (MAPE) составила 2,59% для спортсменов и 3,26% для лиц, не занимающихся спортом). Согласно полученным данным, микровязкость аннулярного липидного слоя и индекс ненасыщенности сфингомиелинов, статистически значимо ($p < 0,00001$ для обоих показателей) влияют на микрополярность аннулярного слоя липидов, которая, в свою очередь, влияет на микрополярность и микровязкость общего липидного пула. Учитывая, что сфингомиелины вместе с холестерином участвуют в формировании приберкового (аннулярного) липидного пула, можно заключить, что у спортсменов изменения физико-химических свойств мембран эритроцитов инициируются жирнокислотным спектром сфингомиелинов и микровязкостью приберкового пула. Обнаруженное влияние индекса ненасыщенности

может свидетельствовать о более высокой чувствительности спортсменов к недостатку ПНЖК в составе сфингомиелинов.

Для лиц, не занимающихся спортом, построенная модель включала в себя лишь последовательное взаимодействие микровязкости и микрополярности аннулярного и общего липидного пулов.

Таким образом, как у спортсменов, так и у лиц, не занимающихся спортом, микровязкость мембран запускает процессы изменения микрополярности контролируемой процессами перекисной модификации липидов. У спортсменов этот процесс контролируется дополнительно индексом ненасыщенности сфингомиелинов.

Для определения наиболее значимых факторов, определяющих микрополярность общего липидного пула была использована линейная регрессия, использующая взаимодействия предикторов второго порядка (рисунок 2).

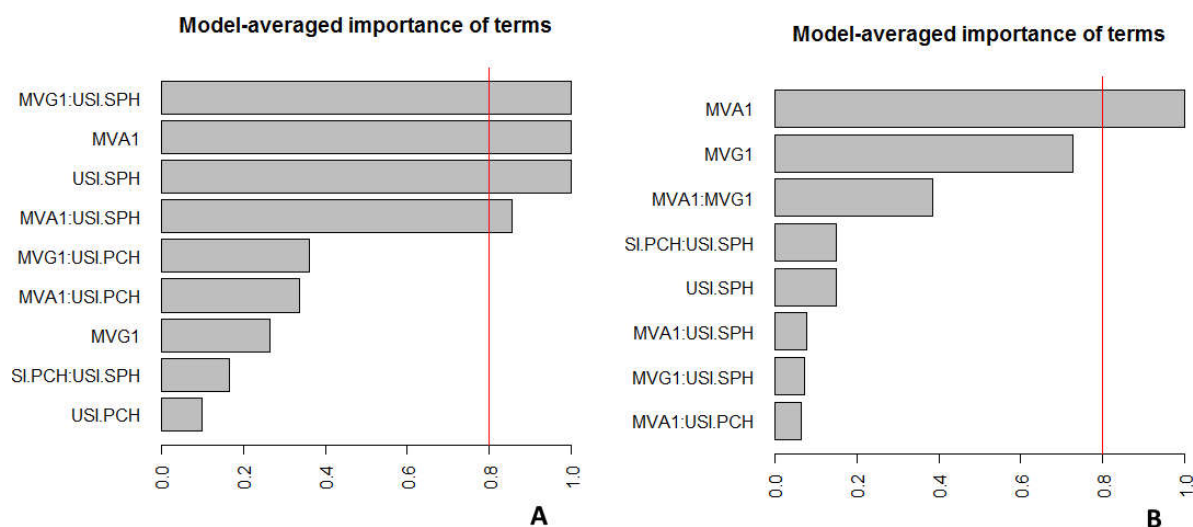


Рис. 2. Факторы, оказывающие наибольший вклад в формирование микрополярности общего липидного пула спортсменов (А) и лиц, не занимающихся спортом (В).

Определены следующие предикторы, значимо влияющие на микрополярность общего липидного пула у спортсменов: микровязкость аннулярного липидного слоя, индекс ненасыщенности сфингомиелинов, а

также *взаимодействие* микровязкости общего липидного пула и индекса ненасыщенности сфингомиелинов. Менее важное, но, тем не менее, статистически значимое взаимодействие – согласованное влияние микровязкости аннулярного липидного слоя и индекса ненасыщенности, что, подтверждает сделанное нами ранее предположение о более высокой чувствительности спортсменов к недостатку ПНЖК в составе сфингомиелинов.

У лиц, не занимающихся спортом наиболее важным фактором, определяющим микрополярность общего липидного фонда, является микровязкость аннулярного липидного слоя.

Таким образом, подтверждается предположение о существовании в мембранах эритроцитов спортсменов сложной системы взаимодействий между жирными кислотами, определяющими текучесть бислоя, и микрополярностью.

Для дополнительного подтверждения высказанного предположения проведен кластерный анализ по всем исследованным показателям и отдельно по показателям, имевшим высокую значимость в регрессионной модели (рисунок 2). Использование всех исследованных показателей не позволяет разделить обе группы обследованных, в то время как, использование только значимых показателей позволяет разбить систему на два пересекающихся, но, тем не менее, различных кластера (рисунок 3).

Учитывая полученные ранее результаты, показавшие, что активность перекисной модификации мембран эритроцитов у спортсменов выше, чем у лиц, не занимающихся спортом, с преобладание наиболее высоких ее значений у мастеров спорта [6], можно заключить, что у спортсменов активность перекисной модификации мембран может носить адаптивный характер нивелирующий изменение микровязкости. Вероятно, у спортсменов, в отличие от лиц, не занимающихся спортом,

этот процесс в значительной степени определяется абсолютным или относительным дефицитом эссенциальных ПНЖК. Возможно, неоправданное применение антиоксидантов способно внести дисбаланс в данный адаптационный процесс и привести к описанному в литературе снижению эффективности тренировочного процесса [8].

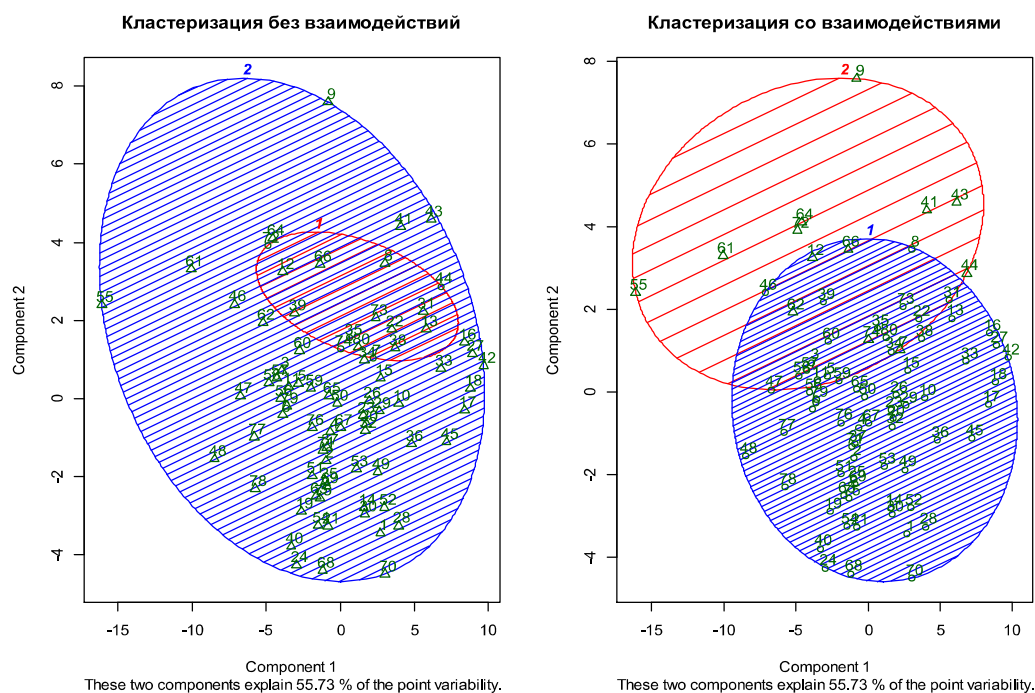


Рис. 3. Кластерный анализ исследуемых показателей у спортсменов и лиц, не занимающихся спортом.

Выводы:

1. Наиболее важными показателями, влияющими на микрополярность общего липидного пула у спортсменов является микровязкость при белковом бислюе, индекс ненасыщенности сфингомиелинов, а также их взаимодействие.

2. У лиц, не занимающихся спортом, жирнокислотный состав мембран эритроцитов не оказывает статистически значимого влияния на их микрополярность.

Список литературы:

1. Chmyrov V. Trans-cis isomerization of lipophilic dyes probing membrane microviscosity in biological membranes and in live cells / V.

Chmyrov, T. Spielmann, H. Hevekerl, J. Widengren // Anal Chem. – 2015. – Vol. 87. – №11. – P.5690-5697.

2. Caldwell J.T. Effect of exercise-induced muscle damage on vascular function and skeletal muscle microvascular deoxygenation / J.T. Caldwell [et al.] // Physiol Rep. – 2016. – №4(22). – P. 1-12.

3. Мережинская М.В. Влияние арахидоновой кислоты на физические свойства бислоя и аннулярных липидов синаптических мембран / М.В. Мережинская, И.М. Окунь, Т.М. Волковец и др. // Биофизика – 1986. –Т. 31. – №3. – С. 523-524.

4. Thomas D.T. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance / D.T. Thomas, K.A. Erdman, L.M. Burke // J Acad Nutr Diet. – 2016. – №116(3). – P.501-528.

5. 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.

6. 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.

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

8. Skaug A. An antioxidant and multivitamin supplement reduced improvements in VO₂max / A. Skaug, O. Sveen, T. Raastad // J Sports Med Phys Fitness. – 2014. – №54. – P. 63-69.