

# ВЛИЯНИЕ ЛЬНЯНОГО МАСЛА НА СПЕКТР ЖИРНЫХ КИСЛОТ СФИНГОМИЕЛИНОВ И ФОСФАТИДИЛХОЛИНОВ МЕМБРАН ЭРИТРОЦИТОВ СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА

ОСОЧУК С.С.

Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет, г. Витебск, Республика Беларусь

Вестник ВГМУ. – 2017. – Том 16, №1. – С. 16-22.

## THE EFFECT OF FLAXSEED OIL ON THE SPECTRUM OF FATTY ACIDS OF SPHINGOMYELINS AND PHOSPHATIDYLCHOLINES OF ERYTHROCYTES MEMBRANES IN SPORTSMEN

ASACHUK S.S.

Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Vitebsk, Republic of Belarus

Vestnik VGMU. 2017;16(1):16-22.

### Резюме.

Сфингомиелины участвуют в формировании приклеточного пула мембран и оказывают значительное влияние на функцию трансмембранных белков. Фосфатидилхолины – основные фосфолипиды мембран участвуют в переносе полиненасыщенных жирных кислот и метаболизме клетки. Физико-химические свойства мембран детерминируются спектром жирных кислот фосфолипидов и определяют функциональную активность мембран эритроцитов спортсменов.

Цель работы – исследовать влияние льняного масла на спектр жирных кислот сфингомиелинов и фосфатидилхолинов мембран эритроцитов спортсменов циклических видов спорта.

Материал и методы. Льняное масло, предоставленное для работы ООО «Клуб «Фарм-Эко» (Республика Беларусь, г. Дрогичин), содержало в своем составе 11,2±4,2% пальмитиновой (C16:0), 13,6±5,8% олеиновой (C18:1n9), 42,2±8,1% линолевой (C18:2n6), 32,2±4,4% линоленовой (C18:3n3). Исследование проведено на спортсменах Витебского училища олимпийского резерва. В начале исследования, на 15 и 30 день приема льняного масла забирали кровь из локтевой вены. Методом тонкослойной хроматографии из мембран эритроцитов выделяли сфингомиелины и фосфатидилхолины. Методом капиллярной газовой хроматографии в фосфолипидах определяли спектр жирных кислот.

Результаты. Установлено, что наибольшие изменения происходят в сфингомиелинах. Отмечено увеличение количества олеиновой (C18:1n9), линолевой (C18:2n6), линоленовой (C18:3n3) и арахидоновой (C20:4n6) кислот.

Заключение. Сделано заключение об увеличении синтеза олеиновой (C18:1n9) и арахидоновой (C20:4n6) кислот. Сделан вывод о возможности значительного влияния на конформацию трансмембранных белков и функцию мембран в целом.

*Ключевые слова:* полиненасыщенные жирные кислоты, мембрана, эритроцит, спортсмены.

### Abstract.

Sphingomyelins participate in the formation of preprotein pools of the membranes and exert a significant influence on the function of transmembrane proteins. Phosphatidylcholines are major phospholipids of membranes. They are involved in the transport of polyunsaturated fatty acids and cells metabolism. Physico-chemical properties of the membranes are determined by the spectrum of phospholipid fatty acids and determine the functional activity of erythrocytes membranes in athletes.

Objectives. To investigate the effect of flaxseed oil on the spectrum of fatty acids of sphingomyelins and phosphatidylcholines of sportsmen's erythrocytes membranes.

Material and methods. Linseed-oil obtained from Ltd «Club «Pharm-Eco» (Republic of Belarus, the town of Drohichin), contained 11,2±4,2% palmitic (C16:0), 13,6±5,8% oleic (C18:1n9), 42,2±8,1% linoleic (C18:2n6),

32,2±4,4% linolenic (C18:3n3) acids. The study was conducted on the athletes of the Vitebsk School of Olympic Reserve. The blood from the cubital vein was taken at the beginning of the investigation on the 15th and the 30th day of linseed-oil intake. Sphingomyelins and phosphatidylcholines were isolated from erythrocytes membranes by the thin-layer chromatography (TLC) method. The fatty acid spectrum of phospholipids was determined by gas chromatography with capillary column.

Results. It has been found that the greatest changes occur in sphingomyelins. The amount of oleic (C18:1n9), linoleic (C18:2n6), linolenic (C18:3n3), and arachidonic (C20:4n6) acids was noted to increase. It has been concluded that the synthesis of oleic (C18:1n9) and arachidonic (C20:4n6) acids was increased.

Conclusions. The conclusion about the possibility of a modified sphingomyelins considerable influence on the conformation of the transmembrane proteins and membrane function as a whole has been arrived at.

Key words: polyunsaturated fatty acids, membrane, red blood cell, athletes.

Современный спорт высоких достижений характеризуется сверхвысокими физическими и психоэмоциональными нагрузками, требующими потребления значительного количества кислорода, доставка которого в ткани контролируется эритроцитами в целом [1] и их мембранами в частности [2, 3]. По этой причине эритроцит привлекает пристальное внимание специалистов спортивной медицины. Эссенциальные полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), этерифицированные в мембранные фосфолипиды, определяют физико-химические свойства мембран и конформацию трансмембранных белков а, следовательно, и их функциональную активность [4]. Дефицит ПНЖК нарушает синтез и конформацию аннулярных (прибелковых) фосфолипидов и функцию рецепторов плазматической мембраны [5]. В связи с этим при дефиците эссенциальных ПНЖК нарушается не только доставка кислорода в ткани, но и обеспечение работающих органов субстратами окисления, что приводит к снижению работоспособности и увеличению травматизма. Учитывая, что спортсмены являются «быстрыми метаболизаторами», норма потребления ПНЖК у них выше, чем у лиц, не занимающихся спортом [6], что при недооценке этого факта способно привести к относительному (функциональному) дефициту ПНЖК.

Таким образом, обеспеченность спортсменов эссенциальными ПНЖК является одним из наиболее важных вопросов спортивного питания, которому в настоящее время уделяется не заслуженно мало внимания.

Учитывая вышеизложенное целью настоящей работы было исследование влияния льняного масла на спектр жирных кислот фосфатидилхолинов и сфингомиелинов мембран эритроцитов как основных представителей

общего (фосфатидилхолины) и прибелкового (сфингомиелины) пулов липидного бислая.

### Материал и методы

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». Опытная группа включала 14 спортсменов, принимавших льняное масло во время обеда по 12-17 гр. Контрольная (группа сравнения) включала 16 спортсменов, сопоставимых по уровню спортивного мастерства и возрасту, не принимавшая льняного масла. Для выяснения влияния физической нагрузки на спектр жирных кислот фосфатидилхолинов (ФХ) и сфингомиелинов (СФМ) набрана группа сравнения из 30 студентов УО «ВГМУ», не занимавшихся спортом, сопоставимых по возрасту и полу. Обследованные не имели статистически значимых отличий в спектре жирных кислот ФХ и СФМ в зависимости от пола. Льняное масло любезно предоставлено ООО «Клуб «Фарм-Эко» (Республика Беларусь, г.Дрогичин). По результатам газовой хроматографии льняное масло содержало 11,2±4,2% пальмитиновой (C16:0), 13,6±5,8% олеиновой (C18:1n9), 42,2±8,1% линолевой (C18:2n6), 32,2±4,4% линоленовой (C18:3n3) кислот (рис. 1). Количественные характеристики состава льняного масла представлены в таблице 1.

Забор крови осуществлялся в утренние часы, натощак, в одноразовые вакутайнеры с цитратом натрия в начале эксперимента (до первого приема льняного масла) и через 15 и 30 дней от начала эксперимента. Выделение мембран эритроцитов производили по мето-

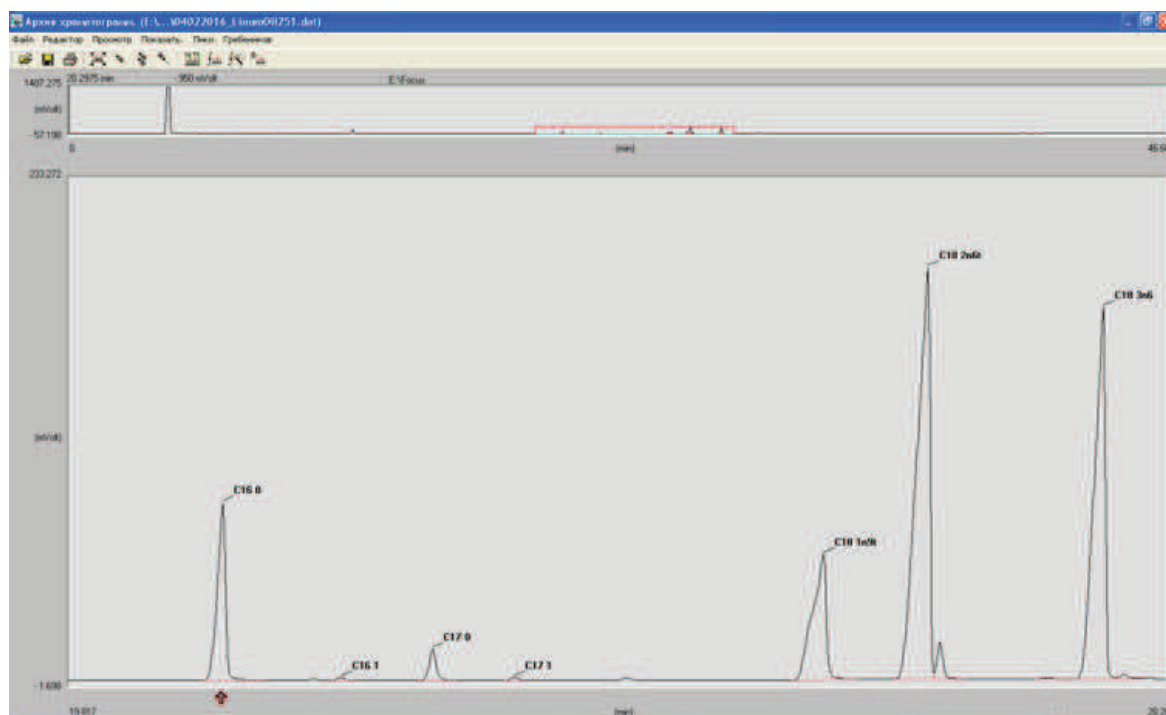


Рисунок 1 – Хроматограмма состава метиловых эфиров жирных кислот льняного масла.

Таблица 1 – Количественный состав жирных кислот, входящих в состав 1 грамма льняного масла

Пальмитиновая кислота C16:0, мг	Олеиновая кислота C18:1, мг	Линолевая кислота C18:2 n6, мг	Линоленовая кислота C18:3 n3, мг
110,2±40,2 (11,2%)	130,6±50,8 (13,3%)	420,2±80,1 (42,8%)	320,2±40,4 (32,6%)

ду Доджа [7]. Фосфолипиды мембран эритроцитов экстрагировали смесью хлороформа и метанола (2:1) по методу Фолча [8]. Определение фосфолипидного профиля проводили при помощи двумерной тонкослойной хроматографии на пластинах Merck (TLC Silicagel 60, 20×20 см), (хроматографическая смесь №1: хлороформ 16,25 мл, метанол 7 мл, вода 1,3 мл, хроматографическая смесь №2: хлороформ 14 мл, метанол 6 мл, аммиак 1 мл). Идентификацию фосфолипидных классов проводили по Rf стандартных образцов. После идентификации фосфатидилхолины (ФХ) и сфингомиелины (СФМ) соскабливались вместе с силикагелем с пластины и экстрагировались смесью хлороформ/метанол (2/1 по объему). Для удаления метанола к экстракту добавлялась вода, после чего смесь тщательно перемешивалась и, для расслоения фракций, оставлялась на ночь в холодильнике при температуре +4°C. Верхний (метанольный) слой удаляли водоструйным насосом. Нижний (хлороформный) слой высушивался в токе азота. Экстрагированные фос-

фолипиды метилировались 2М р-ром натрия метоксида в метаноле (ISO 5509:2000) и анализировались на газовом хроматографе Focus GC с пламенно-ионизационным детектором и капиллярной колонкой BPX70, 60 м × 0,25 мм, производства Thermo Fisher Scientific. Термостат колонки работал в программе: нагрев от 120°C до 245°C при скорости подъема температуры 3°C/мин, изотерма при 245°C – 5 минут (полное время анализа составило 46,66 минут). Температура испарителя – 200°C, детектора – 280°C. Идентификацию жирных кислот проводили по времени удержания стандартов метиловых эфиров (Sigma Aldrich), количество оценивали по площади пика соотнесенного к внутреннему стандарту лауриновой (C12:0) кислоты.

Обработка полученных данных проводилась на статистическом пакете R 3.2.4. Оценку нормальности распределения исследуемых показателей осуществляли при помощи критерия Шапиро-Уилкса, парное тестирование гипотез – при помощи непараметрического кри-

терия Вилкоксона. Множественное сравнение выполняли на основании Н-критерия Краскела-Уоллиса. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

### Результаты и обсуждение

Исследование спектра жирных кислот ФХ и СФМ перед началом эксперимента (табл. 2) не выявило каких-либо статистически значимых отличий, что свидетельствует об однородности экспериментальных групп. Вместе с тем, учитывая, что высокие физические нагрузки предъявляют к энергетическому обмену и метаболизму спортсмена в целом бо-

лее высокие требования, чем к лицам, не занимающимся спортом, отсутствие статистически значимых отличий можно расценить как признак скрытого (функционального) дефицита эссенциальных жирных кислот. О возможном «функциональном» дефиците свидетельствуют и рекомендуемые для спортсменов более высокие дозы потребления ПНЖК [6].

Через 15 дней приема льняного масла у спортсменов (табл. 3) в составе приеблковых СФМ статистически значимо увеличивается содержание олеиновой (С18:1n9(ОК)), линолевой (С18:2n6 (ЛК)), линоленовой (С18:3n3(ЛНК)) и арахидоновой (С20:4n6(АК)) кислот. В составе ФХ не отмечалось статисти-

Таблица 2 – Содержание жирных кислот в составе СФМ и ФХ в начале исследования

		С16:0, мг/л	С18:1, мг/л	С18:2, мг/л	С18:3, мг/л	С20:4, мг/л
СФМ	Опыт	25,38 (20,48; 29,46)	1,26 (0,77; 1,617)	0,44 (0,41; 0,54)	0,52 (0,29; 0,71)	0,25 (0,187; 0,36)
	Контроль	21,31 (17,01; 24,06)	0,88 (0,52; 1,43)	0,40 (0,30; 0,55)	0,45 (0,35; 0,62)	0,23 (0,16; 0,25)
	Студенты	24,52 (18,94; 27,04)	1,23 (0,64; 1,65)	0,48 (0,33; 0,67)	0,49 (0,29; 0,59)	0,26 (0,21; 0,28)
ФХ	Опыт	45,79 (43,08; 48)	13,58 (13,1; 15,13)	7,65 (7,38; 8,12)	1,11 (0,99; 1,27)	0,52 (0,47; 0,55)
	Контроль	45,5 (43,87; 48,29)	14,47 (12,84; 15,84)	7,32 (7,23; 8,49)	1,29 (1,21; 1,35)	0,55 (0,52; 0,59)
	Студенты	48,51 (42,93; 51,6)	15,15 (13,03; 16,33)	8,31 (7,49; 8,65)	1,12 (1,01; 1,29)	0,48 (0,45; 0,53)

Таблица 3 – Содержание жирных кислот в составе СФМ и ФХ через 15 дней от начала эксперимента

		С16:0, мг/л	С18:1, мг/л	С18:2, мг/л	С18:3, мг/л	С20:4, мг/л
СФМ	Опыт	25,75 (20,08; 30,38)	1,91 (1,31; 2,33)	1,07 (0,71; 1,29)	0,82 (0,60; 0,89)	0,49 (0,45; 0,61)
	Контроль	21,35 (21,09; 23,95)	1,13 (0,99; 1,20)	0,37 (0,33; 0,40)	0,39 (0,35; 0,39)	0,22 (0,19; 0,25)
	Р опыт	1,0	0,046	0,025	0,009	0,0016
	Студенты	23,47 (21,51; 25,3)	1,72 (1,53; 1,92)	0,77 (0,69; 1,09)	0,76 (0,70; 0,95)	0,44 (0,36; 0,51)
	Р опыт	1,0	1,0	0,87	1,0	0,28
	Р контроль	1,0	0,083	0,016	0,0051	0,035
	Р контроль	1,0	0,083	0,016	0,0051	0,035
ФХ	Опыт	55,5 (48,9; 57,71)	16,23 (15,51; 19,59)	9,62 (8,63; 11,36)	1,75 (1,50; 1,99)	0,79 (0,67; 0,94)
	Контроль	51,83 (48,96; 54,23)	15,57 (15,4; 16,39)	9,04 (8,83; 9,27)	1,13 (1,10; 1,21)	0,52 (0,49; 0,55)
	Р опыт	1,0	1,0	1,0	0,063	0,072
	Студенты	53,04 (45,46; 57,74)	19,01 (15,54; 20,86)	9,71 (7,77; 10,58)	2,03 (1,74; 2,23)	0,90 (0,78; 1,09)
	Р опыт	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Р контроль	1,0	0,64	1,0	0,007	0,0068
	Р контроль	1,0	0,64	1,0	0,007	0,0068



чески значимых отличий. Вместе с тем следует отметить относительный рост содержания ЛНК (C18:3n3) и АК (C20:4n6) с ошибкой 6,3 и 7,2% соответственно. Возможно, выявленные отличия в содержании ПНЖК в СФМ отражают этапы миграции АК из ФХ к иным фосфолипидам у спортсменов, поскольку известно, что АК вначале включается в ФХ и фосфатидилинозитолы, далее переносится в фосфатидилэтаноламины и другие фосфолипиды [9]. Учитывая, что АК (C20:4n6) отсутствует в льняном масле, вероятнее всего полученный результат отражает, прежде всего, увеличение активности её продукции из ЛК (C18:2n6) и вторично миграцию по различным классам фосфолипидов. Возможность увеличения активности синтеза АК обосновывается конкурентным взаимодействием жирных кислот n6 и n3 ряда за активные центры элонгаз и десатураз [10], обеспечивающих синтез длинноцепочечных ПНЖК. В употреблённом спортсменами льняном масле ЛК (C18:2n6) преобладала на ЛНК (C18:3n3), что могло предопределить синтез АК (C20:4n6). Статистически значимый рост содержания ОК (C18:1n9) может быть обеспечен двумя процессами. Первый - увеличение экзогенной ОК (C18:1n9) льняного масла и второй – увеличение синтеза ОК (C18:1n9) из пальмитиновой (C16:0) кислоты (ПК) как составного компонента льняного масла. Возможность синтетического пути подтверждается описанной в литературе способностью экзогенной ПК (C16:0) стимулировать экспрессию гена фермента, отвечающего за синтез мононенасыщенных жирных кислот из ПК - стеарилкоэнзим А-Десатуразы [11]. Учитывая, что статистически значимые изменения произошли в фосфолипидах, участвующих в формировании приелкового (аннулярного) липидного пула (СФМ), можно предположить, что они вызвали конформационные изменения трансмембранных белков, изменение их функциональной активности и, как следствие, описанное ранее увеличение работоспособности спортсменов [12].

У лиц, не занимающихся спортом, изменения спектра жирных кислот были аналогичны таковым у спортсменов, принимавших льняное масло. Обращает на себя внимание менее выраженный рост содержания ОК (C18:1n9) по сравнению со спортсменами, не принимавшими льняное масло ( $p=0,083$ ). Вероятно, физическая нагрузка потенцирует

активность преобразования ПК (C16:0) в ОК (C18:1n9), что и явилось причиной увеличения её количества с ошибкой в 8,3%.

Таким образом, уже через 15 дней приема льняного масла как спортсменами, так и лицами, не занимающимися спортом, происходит изменение спектра жирных кислот в составе приелковых СФМ, отражающее и экзогенное поступление ПНЖК, и изменение эндогенной активности синтеза мононенасыщенных жирных кислот. Вероятно, активность обмена жирных кислот у спортсменов происходит более активно.

Через 30 дней приема льняного масла (табл. 4) в составе СФМ спортсменов статистически значимо увеличилось количество ПК (C16:0) и АК (C20:4n6). Количество ЛК (C18:2n6) увеличивалось не достоверно с ошибкой 6,4%. У лиц, не занимающихся спортом, по сравнению со спортсменами, не принимавшими льняное масло, статистически значимо увеличивалось содержание ПК (C16:0), ЛК (C18:2n6), ЛНК (C18:3n3) и АК (C20:4n6). В составе ФХ отмечен статистически значимый рост содержания ОК (C18:1n9), что, как и на предыдущем сроке исследования, может быть обусловлено увеличением активности её синтеза из ПК (C16:0). Рост содержания АК (C20:4n6) также, вероятнее всего обусловлен, синтезом из ЛК (C18:2n6). Необходимо отметить, что, как и в предыдущий срок исследований, рост содержания ЛНК (C18:3n3) и АК (C20:4n6) был близок к статистически значимому с ошибкой 7,2 и 5,6%.

У лиц, не занимавшихся спортом, в отличие от спортсменов, не принимавших льняное масло, в составе ФХ статистически значимо увеличивалось содержание АК (C20:4n6). Отсутствие статистически значимых отличий в содержании АК (C20:4n6) у спортсменов, принимавших льняное масло, и статистически значимое её увеличение у лиц, не занимающихся спортом, можно расценить как признак более высокой активности метаболизма ПНЖК у спортсменов.

Таким образом, через 30 дней ежедневного употребления льняного масла наиболее выраженные сдвиги в содержании ПНЖК отмечаются в составе приелковых СФМ, что имеет более высокую вероятность оказать влияние на активность трансмембранных белков и функциональную активность эритроцитов.

Таблица 4 – Содержание жирных кислот в составе СФМ и ФХ через 30 дней от начала эксперимента

		C16:0, мг/л	C18:1, мг/л	C18:2, мг/л	C18:3, мг/л	C20:4, мг/л
СФМ	Опыт	31,89 (29,48; 33,86)	1,98 (1,93; 2,05)	1,01 (0,86; 1,25)	0,67 (0,65; 0,79)	0,67 (0,58; 0,73)
	Контроль	19,05 (18,09; 19,84)	0,99 (0,89; 1,27)	0,635 (0,51; 0,72)	0,43 (0,26; 0,62)	0,21 (0,19; 0,24)
	Р опыт	0,0058	0,107	0,064	0,296	0,0069
	Студенты	27,64 (25,37; 31,67)	1,90 (1,48; 2,20)	0,98 (0,84; 1,24)	0,77 (0,68; 0,99)	0,53 (0,42; 0,63)
	Р опыт	0,8	1,0	1,0	1,0	0,91
	Р контроль	0,0147	0,139	0,037	0,035	0,014
ФХ	Опыт	57,27 (49,32; 61,27)	24,86 (22,12; 25,26)	11,04 (10,07; 11,29)	1,97 (1,63; 2,27)	1,03 (0,93; 1,08)
	Контроль	47,93 (46,56; 51,14)	14,55 (13,51; 16,03)	8,33 (8,08; 8,57)	1,06 (1,0; 1,22)	0,49 (0,47; 0,52)
	Р опыт	1,0	0,042	0,75	0,073	0,056
	Студенты	49,56 (40,51; 55,87)	21,0 (16,21; 22,03)	8,25 (7,52; 9,76)	1,71 (1,4; 2,05)	1,00 (0,85; 1,21)
	Р опыт	1,0	0,78	0,53	1,0	1,0
	Р контроль	1,0	0,14	1,0	0,12	0,0068

Примечание: указаны медиана, нижний и верхний квартили.

## Заключение

Исходя из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Прием льняного масла, имеющего в своём составе 11,2% пальмитиновой (C16:0), 13,3% олеиновой (C18:1n9), 42,8% линолевой (C18:2n3) и 32,6% линоленовой (C18:3n3) кислот, оказывает наибольшее влияние на спектр жирных кислот приёмо-вых сфингомиелинов, увеличивая в их составе количество арахидоновой кислоты (C20:4n6). Количество пальмитиновой (C16:0), олеиновой (C18:1n9), линолевой (C18:2n6) и линоленовой (C18:3n3) кислот имеет отличия в зависимости от длительности приёма льняного масла.

2. Включение жирных кислот в состав фосфолипидов мембран эритроцитов спортсменов и лиц, не занимающихся спортом, имеет некоторые отличия, главным образом, через 30 суток приёма льняного масла, заключающиеся в степени накопления арахидоновой (C20:4n6) кислоты в составе фосфатидилхолинов, линолевой (C18:2n6) и линоленовой (C18:3n3) в составе сфингомиелинов.

Работа выполнена в рамках ГПНИ «Фундаментальная и прикладная медицина и фармация», задание 2.24 «Установить особенности

функционирования мембран эритроцитов спортсменов циклических видов спорта в зависимости от их обеспеченности эссенциальными жирными кислотами», № государственной регистрации 20150753 от 03.06.2015.

## Литература

1. Завалишина, С. Ю. Микрореологические особенности эритроцитов у регулярно тренирующихся кандидатов и мастеров спорта по легкой атлетике первого зрелого возраста / С. Ю. Завалишина, Т. С. Мальцева // Вестн. новых мед. технологий. – 2012. – Т. 19, № 2. – С. 134–137.
2. Локтюшкин, А. В. Особенности транспорта кислорода через мембрану эритроцитов : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.02 / А. В. Локтюшин. – М., 2009. – 135 с.
3. Осочук, С. С. Окислительная модификация белков и липидов мембран эритроцитов спортсменов циклических видов спорта / С. С. Осочук, А. Ф. Марцинкевич // Вестн. БГУ. Сер. 2, Химия. Биология. География. – 2015. – № 2. – С. 47–52.
4. 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. – 1976. – Vol. 433. – P. 271–281.
5. Липопротеины низкой и очень низкой плотности: патогенетическое и клиническое значение / В. Н. Титов [и др.] // Клини. медицина. – 2013. – Т. 91, № 1. – С. 20–27.
6. Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases // World Health. Organ. Tech. Rep. Ser. – 2003. – Vol. 916. – P. i–viii, 1–149.
7. Dodge, J. T. The preparation and chemical characteristics

- of hemoglobin free ghosts of erythrocytes / J. T. Dodge, C. Mitchell, D. J. Hanahan // Arch. Biochem. Biophys. – 1963 Jan. – Vol. 100. – P. 119–130.
8. Folch, J. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues / J. Folch, M. Lees, S. G. Sloane // J. Biol. Chem. – 1957 May. – Vol. 226, N 1. – P. 497–509.
  9. Сергеева, М. Г. Каскад арахидоновой кислоты / М. Г. Сергеева, А. Т. Варфаломеева. – М. : Народ. образование, 2006. – 256 с.
  10. Длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты и их роль в детском питании. Обзор литературы / Т. Э. Боровик [и др.] / Вопр. современ. педиатрии. – 2012. – № 4. – С. 21–28.

## References

1. Zavalishina SYu, Mal'tseva TS. Microrheologic features of erythrocytes at regularly training candidates and Masters of Sports in track and field athletics of the first mature age. Vestn Novykh Med Tekhnologii. 2012;19(2):134-7. (In Russ.)
2. Loktyushkin AV. Features of transport of oxygen through a membrane of erythrocytes: dis ... kand biol nauk: 03.00.02. Moscow, RF; 2009. 135 p. (In Russ.)
3. Osochuk SS, Martsinkevich AF. Oxidizing modification of proteins and lipids of membranes of erythrocytes of athletes of cyclic sports. Vestn BGU Ser 2 Khimii i Biologii Geografiia. 2015;(2):47-52. (In Russ.)
4. Hendriks T, Klompmakers AA, Daemen FJM, Bonting SL. Biochemical aspects of the visual process XXXII. Movement of sodium ions through bilayers composed of retinal and rod outer segment lipids. Biochim Biophys Acta. 1976;433:271-81.
5. Titov VN, Vostrov IA, Kaba SI, Amelyushkina VA, Shiryayeva YuK. Lipoproteins of low and very low density: pathogenetic and clinical value. Klin Meditsina. 2013;91(1):20-7. (In Russ.)
6. Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. World Health Organ Tech Rep Ser. 2003;916:i-viii,1-149.
7. Dodge JT, Mitchell C, Hanahan DJ. The preparation and chemical characteristics of hemoglobin free ghosts of erythrocytes. Arch Biochem Biophys. 1963 Jan;100:119-30.
8. Folch J, Lees M, Sloane SG. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. J Biol Chem. 1957 May;226(1):497-509.
9. Sergeeva MG, Varfalomeeva AT. Cascade of arachidonic acid. Moscow, RF: Narod obrazovanie; 2006. 256 p. (In Russ.)
10. Borovik TE, Gribakin SG, Skvortsova VA, Semenova NN, Stepanova TN, Zvonkova NG. Long-chain polyunsaturated fatty acids and their role in infant nutrition. A review of the literature. Vopr Sovremen Peditrii. 2012;(4):21-8. (In Russ.)
11. Titov VN. Isoenzymes stearyl-coenzyme A-desaturase and insulin action in the light of the phylogenetic theory of pathology. Oleic fatty acid and realization of biologic functions of trophology and locomotion. Klin Lab Diagnostika. 2013;(11):16-26. (In Russ.)
12. Osochuk SS, Martsinkevich AF, Korolevich MP. The increase in working capacity of sportsmen of cyclic kinds of sports flax oil. V: Sostoianie zdorov'ia: meditsinskie, sotsial'nye i psikhologo-pedagogicheskie aspekty: sb nauch st VII Mezhdunar nauch-prakt internet-konf, 29 fevr – 5 marta 2016 g. Chita, RF: Zabaikal gos un-t; 2016. P. 315-20.

Поступила 12.12.2016 г.

Принята в печать 13.02.2017 г.

Submitted 12.12.2016

Accepted 13.02.2017

## Сведения об авторах:

Осочук С.С. – д.м.н., доцент, заведующий научно-исследовательской лабораторией, Витебский государственный орден Дружбы народов медицинский университет.

## Information about authors:

Asachuk S.S. – Doctor of Medical Sciences, associate professor, head of the Scientific-Research Laboratory, Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University.

**Адрес для корреспонденции:** Республика Беларусь, 210023, г. Витебск, пр. Фрунзе, 27/3, Витебский государственный орден Дружбы народов медицинский университет, Научно-исследовательская лаборатория. E-mail: OSS62@mail.ru – Осочук Сергей Стефанович.

**Correspondence address:** Republic of Belarus, 210023, Vitebsk, 27/3 Frunze ave., Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Scientific-Research Laboratory. E-mail: oss62@mail.ru – Sergey S. Asachuk.