

DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.1.17

УДК: 577.115.3:612.1:796.92

## Изучение связи эссенциальной альфа-линоленовой кислоты с вариабельностью сердечного ритма у лыжников-гонщиков

А. Ю. Людинина, А. Л. Марков, Е. Р. Бойко

ФГБУН Институт физиологии Коми, Научный центр Уральского отделения Российской академии наук, г. Сыктывкар, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** изучить связь между параметрами вариабельности сердечного ритма (ВСР) и уровнем альфа-линоленовой кислоты (ЛНК) в плазме крови у высококвалифицированных лыжников-гонщиков. **Материалы и методы:** в общеподготовительный период тренировок обследовано 19 лыжников-гонщиков – членов сборной команды Республики Коми. С помощью аппаратно-программного комплекса «Экосан-2007» проведен анализ вариабельности сердечного ритма. Уровень ЛНК плазмы крови определен методом газовой хроматографии. **Результаты:** корреляционный анализ показал значимую отрицательную связь ЛНК с индексами централизации и вагосимпатического взаимодействия, абсолютными и относительными значениями мощности низкочастотных волн, а также положительную связь – с относительным значением мощности высокочастотных волн ВСР. **Выводы:** более низкий уровень ЛНК в плазме крови спортсменов сопряжен с появлением медленных волн более высоких порядков, свидетельствуя о неоптимальном уровне регуляции ритма сердца.

**Ключевые слова:** альфа-линоленовая кислота, вариабельность сердечного ритма, выносливость, лыжники-гонщики

**Для цитирования:** Людинина А.Ю., Марков А.Л., Бойко Е.Р. Изучение связи эссенциальной альфа-линоленовой кислоты с вариабельностью сердечного ритма у лыжников-гонщиков // Спортивная медицина: наука и практика. 2018. Т.8, №1. С. 17-22. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.1.17.

## The relationship of the essential alpha-linolenic acid with heart rate variability in cross-country skiers

Aleksandra Yu. Lyudinina, Aleksandr L. Markov, Evgeny R. Boyko

Institute of Physiology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia

### ABSTRACT

**Objective:** to examine the correlation between heart rate variability and plasma level of alpha-linolenic acid (ALA) in cross-country skiers. **Materials and methods:** the short-term heart rate variability (HRV) was examined in 19 high-trained male cross-country skiers from national team of the Komi Republic. The ECG recordings were analyzed using with the Ecosan-2007 complex. ALA analysis was performed on a gas chromatograph (Chromatek, Russia). **Results:** the plasma levels of ALA were positively associated with the relative value of high-frequency power and negatively correlated with the indices of centralization and vagosympathetic interaction and with absolute and relative values of low-frequency power. **Conclusions:** a lower plasma level of ALA in athletes was associated with the appearance of slow waves of higher orders, indicating a non-optimal level of regulation of heart rhythm.

**Key words:** alpha-linolenic acid, heart rate variability, endurance, cross-country skiers

**For citation:** Lyudinina AYu, Markov AL, Boyko ER. The relationship of the essential alpha-linolenic acid with heart rate variability in cross-country skiers. Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice). 2018;8(1):17-22. Russian. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2018.1.17

### 1.1 Введение

Функциональное состояние высокотренированного спортсмена обеспечивается сложным механизмом нейроэндокринной регуляции, особую роль в которой играют липиды. Так, установлена важная роль некоторых фосфолипидов и n-3 полиненасыщенных жирных кислот (n-3 ПНЖК) в реализации сердечно-сосудистой и нервной деятельности [1], оптимизации физической работоспособности [2], улучшении нервно-мышечной функции спортсменов [3].

Анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР) является методом оценки состояния механизмов регуля-

ции физиологических функций в организме человека [4] и широко используется в спортивной медицине. Ряд экспериментальных [5] и клинических исследований показывают связь длинноцепочечных n-3 ПНЖК с низкой частотой сердечных сокращений (ЧСС) и увеличением ВСР [2, 6]. Результаты мета-анализа 15 исследований показали, что высокочастотные волны спектра ВСР (HF) существенно возрастают при потреблении рыбьего жира, а индекс вагосимпатического взаимодействия (LF/HF) имеет тренд на понижение, что указывает на усиление вагусного тонуса [7]. Однако следует отметить, что не все исследования сообщают о положительном

действии n-3 ПНЖК на ЧСС и ВСР [8, 9]. La Rovere M.T. et al. (2013) показали, что при употреблении 1 г/день n-3 ПНЖК в течение 3 месяцев у обследуемых лиц увеличивались длина кардионтервалов, стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов (SDNN), очень низкочастотный спектр ВСР (VLF), однако при употреблении n-3 ПНЖК в течение года значимых изменений ВСР не выявлено.

В литературе отмечают кардиопротекторные эффекты альфа-линоленовой кислоты (ЛНК, n-3 С18:3): предупреждение желудочковой экстрасистолии [10], реализация антитромботических, антиаритмических и противовоспалительных свойств организма [11, 12]. Однако практически отсутствуют данные о влиянии ЛНК на ВСР. Все эти факторы обуславливают перспективы активного применения ЛНК в лечебных и профилактических целях, в том числе, и в спорте высших достижений. В связи с этим, цель исследования состояла в том, чтобы изучить связь между параметрами ВСР и уровнем ЛНК в плазме крови у высококвалифицированных лыжников-гонщиков.

### 1.2 Материалы и методы

В общеподготовительный период тренировок обследовано 19 мужчин из основного состава сборной команды Республики Коми по лыжным гонкам (кандидаты в мастера спорта и мастера спорта). Медиана возраста лыжников составила 18,0 лет, длины тела – 180,0 см, массы тела – 70,3 кг. Индекс массы тела у всех спортсменов соответствовал норме при среднем значении – 22,5 кг/м<sup>2</sup>. В исследовании использовали аппаратно-программный комплекс «Экосан-2007» (Медицинские компьютерные системы, г. Зеленоград). Анализ ВСР проводили в соответствии с рекомендациями группы Российских экспертов. Электрокардиограмму регистрировали в положении лежа, в одном из стандартных отведений в течение 5 минут. Вычисляли такие параметры ВСР, как: ЧСС, SDNN, доля числа пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс (pNN50), квадратный корень суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов (RMSSD), стресс-индекс (SI), суммарная мощность спектра (TP), абсолютные и относительные значения мощности спектра высокочастотного (HF, мс<sup>2</sup> и HF,%), низкочастотного (LF, мс<sup>2</sup> и LF,%), очень низкочастотного (VLF, мс<sup>2</sup> и VLF,%) компонентов ВСР, LF/HF, IC, показатель активности регуляторных систем (ПАРС). В качестве нормативов параметров ВСР взяты значения для практически здоровых лиц [4].

Взятие венозной крови осуществляли натощак в покое. Уровень жирных кислот (ЖК) в общих липидах плазмы крови определяли методом газовой хроматографии («Кристалл 2000М», ПИД, колонка «SupelcoWAX») с предварительным экстрагированием липидов и получением метиловых эфиров ЖК. Содержание ЛНК представлено в % от общего пула ЖК. В качестве нормы взяты референтные значения [13].

Исследование было одобрено локальным комитетом по биоэтике при Институте физиологии Коми НЦ УрО РАН.

Данные обработаны в программе Statistica 6.0. Результаты представлены в виде медианы и 25-го и 75-го перцентилей. Для выявления взаимосвязей между изучаемыми показателями вычисляли коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Статистическую значимость различий между группами оценивали с помощью критерия Манна-Уитни. Различия и коэффициенты корреляции считали значимыми при  $p < 0,05$ .

### 1.3 Результаты и их обсуждение

При анализе полученных данных параметров ВСР у обследованных лиц отмечено смещение вегетативного баланса в сторону преобладания парасимпатического звена вегетативной нервной системы. Более чем у половины спортсменов выявлены высокие значения pNN50, RMSSD, HF,% (табл.). Значения ПАРС свидетельствуют о выраженном напряжении регуляторных систем.

Доля ЛНК от общего пула ЖК в крови спортсменов составила 0,17% (0,15-0,27%) (норма 0,6%). Низкий уровень ЛНК отмечен у всех обследованных лиц, что, вероятно, связано, как с недостаточным потреблением эссенциальной кислоты с пищей, так и ее высокой востребованностью в метаболизме. Как известно, ЛНК является важной эссенциальной ЖК, основным источником которой, кроме масла периллы (58%), является льняное масло (57%), а также соевое и рапсовое масла (около 10 %) [12, 14]. Очевидно, что данные продукты, в особенности в условиях северных широт, употребляют обычно в крайне малых количествах.

Корреляционный анализ показал статистически значимую отрицательную связь ЛНК с абсолютными ( $rs = -0,461$ ,  $p = 0,047$ ) и относительными значениями LF ( $rs = -0,478$ ,  $p = 0,038$ ), а также LF/HF ( $rs = -0,493$ ,  $p = 0,032$ ), IC ( $rs = -0,465$ ,  $p = 0,045$ ). Кроме того, выявлена положительная связь данной кислоты с относительными значениями HF,% ( $rs = 0,465$ ,  $p = 0,045$ ). Не обнаружено корреляции между ЛНК и ЧСС ( $rs = 0,111$ ,  $p = 0,652$ ), pNN50 ( $rs = 0,207$ ,  $p = 0,395$ ), pNN50 ( $rs = 0,207$ ,  $p = 0,395$ ), SDNN ( $rs = -0,279$ ,  $p = 0,247$ ), SI ( $rs = 0,004$ ,  $p = 0,986$ ), TP ( $rs = -0,367$ ,  $p = 0,123$ ), абсолютными значениями HF ( $rs = 0,161$ ,  $p = 0,509$ ), абсолютными и относительными значениями VLF ( $rs = -0,226$ ,  $p = 0,351$  и  $rs = -0,046$ ,  $p = 0,853$ ). В связи с этим, вероятно у спортсменов с большим дефицитом ЛНК в плазме крови повышена симпатическая и снижена парасимпатическая активность.

Для изучения влияния уровней ЛНК на показатели ВСР мы разделили спортсменов на две группы: ЛНК < 0,3% (n = 13) и ЛНК > 0,3% (n = 6). Результаты исследования представлены на рисунке.

Индекс LF/HF был существенно выше у лиц с уровнем ЛНК < 0,3%, чем у лыжников с уровнем ЛНК > 0,3% ( $p = 0,036$ ). Похожая тенденция наблюдалась и для абсолютного значения LF ( $p = 0,06$ ). Таким образом, в со-

Таблица

**Показатели вариабельности сердечного ритма у обследованных лыжников-гонщиков**

Table

**Indicators of heart rate variability in cross-country skiers**

Показатели/Indices	Норматив/ Standard	Медиана (25-75 перцентили)/ Mediana (25-75 per)	<*	Норма/Norm	>**
ЧСС, уд/мин/HR, BPM	55-75	57,00 (51,50-64,00)	42	47	11
RMSSD, мс/msec	20-50	65,00 (52,00-79,50)	5	16	79
pNN50, %	15-40	45,40 (28,60-54,50)	16	21	63
SDNN, мс/msec	40-80	65,44 (60,11-87,37)	5	63	32
SI, усл. ед./SU	50-150	41,00 (26,00-50,50)	69	26	5
TP, мс <sup>2</sup> /msec <sup>2</sup>	-	3978,56 (3057,90-5972,84)	-	-	-
HF, мс <sup>2</sup> /msec <sup>2</sup>	-	1562,33 (988,92-1742,63)	-	-	-
LF, мс <sup>2</sup> /msec <sup>2</sup>	-	1177,46 (899,86-2166,45)	-	-	-
VLF, мс <sup>2</sup> /msec <sup>2</sup>	-	408,08 (270,81-626,47)	-	-	-
HF, %	15-25	49,00 (25,75-57,55)	11	15	74
LF, %	15-40	38,10 (31,15-53,40)	0	53	47
VLF, %	15-30	12,60 (9,45-15,90)	74	21	5
LF/HF, усл. ед./SU	-	0,79 (0,55-1,86)	-	-	-
IC, усл. ед./SU	2-8	1,04 (0,74-2,89)	63	37	0
ПАРС, баллы/IARS, points	1-3	4,00 (3,00-6,00)	-	32	68

ответствии с нашими результатами, более низкие значения ЛНК в плазме крови сопряжены с появлением медленных волн более высоких порядков, указывая на неоптимальную регуляцию сердечного ритма. При более высоком уровне С18:3 в крови обследуемых лиц отмечено усиление роли парасимпатической (положительная связь с HF,%) и снижение симпатической нервной системы (отрицательная связь с абсолютными и относительными значениями LF, а также LF/HF, IC). Таким образом, при выраженном дефиците ЛНК в организме спортсменов, вероятно, усиливается напряжение регуляторных систем и снижаются функциональные резервы.

Между тем, существенная роль ЛНК в реализации целого спектра различных функций обуславливает необходимость в компенсации дефицита ее содержания в организме. Так, показано активное участие ЛНК в метаболизме эссенциальных ЖК путем повышения активности десатураз ЖК в микросомах печени, что, в свою очередь, ведет к возможному образованию эйкозапентаеновой кислоты (ЭПК) – одного из основных биорегуляторов организма [14]. Таким образом, ЛНК может частично компенсировать и дефицит потребления рыбы (основной источник ЭПК и докозагексаеновой кислоты), оказывая влияние на содержание в плазме длинноцепочечных n-3 ПНЖК. Кроме того, установлено, что ЛНК, поступая с пищей, понижает уровень холестерина в крови и ткани печени [15], что обуславливает ее антиатеросклеротическое воздействие. Рядом исследователей

отмечаются возможные кардиопротекторные эффекты ЛНК, механизм которых, однако, требует дальнейшего изучения: показано значительное снижение диастолического артериального давления и общего периферического сопротивления сосудов в ходе специальных диет с постепенным увеличением дозы ЛНК [11], предупреждение желудочковой экстрасистолии [10], как в покое, так и в состоянии стресса [1]. Billman G.E. [16] отмечает, что основной причиной снижения ЧСС при потреблении n-3 ПНЖК являются сдвиги в ритме синусового узла, а в меньшей мере в изменении вегетативной регуляции сердца. Также есть мнения, что прием n-3 ПНЖК может иметь не прямое воздействие на снижение ЧСС за счет, например, улучшения диастолического наполнения левого желудочка путей [17] или увеличения тонуса блуждающего нерва [18]. Показано также, что при увеличении доли ЛНК в различных соотношениях омега-3/омега-6 повышается активность и продукция целого ряда эйкозаноидов (в тромбоцитах и легких) и цитокинов [14], реализация антитромботических, антиаритмических и противовоспалительных свойств организма [12]. Выявлена потенциальная роль ЛНК в формировании и поддержании психофизиологического статуса лыжников-гонщиков: более низкий уровень содержания ЛНК в плазме крови сопряжен с низкими показателями общего функционального состояния нервной системы обследуемых: функционального уровня системы, устойчивости системы и уровня функциональных возможностей [19].

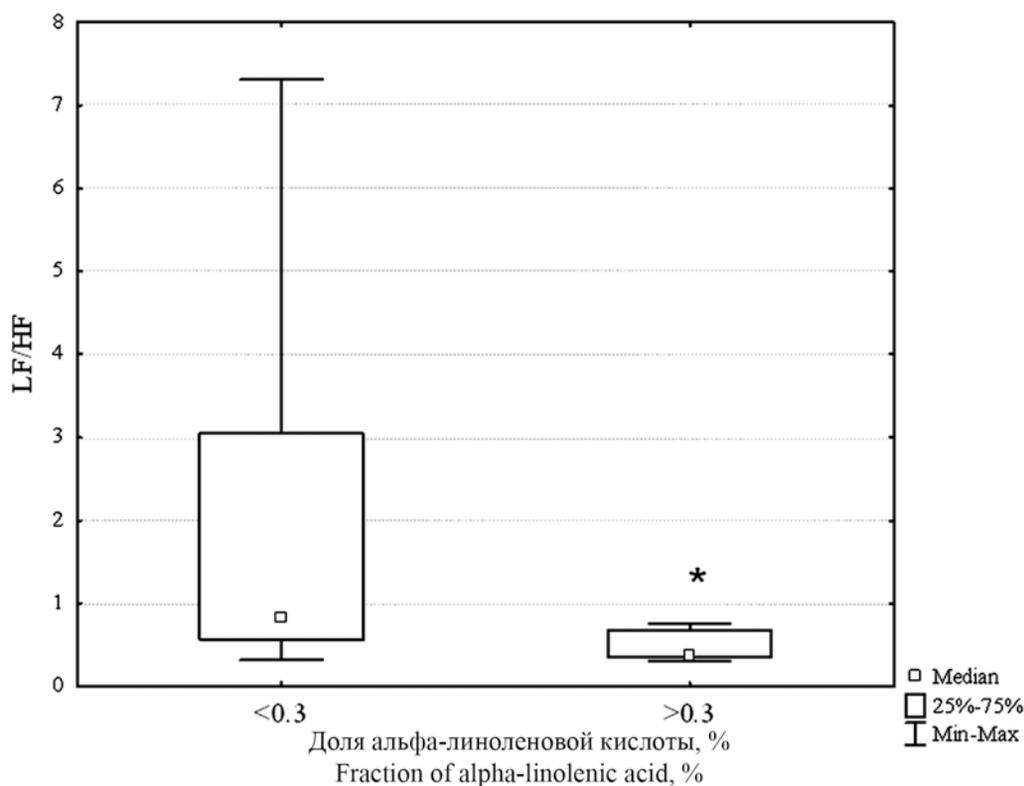


Рис. Индекс вагосимпатического взаимодействия в зависимости от уровня альфа-линоленовой кислоты в плазме крови. \* -  $p < 0,05$   
Pic. Vagusympathetic interaction index depending on the level of alpha-linolenic acid in blood plasma. \*  $p < 0.05$

**1.4 Практическая значимость работы** состоит в возможности ЛНК изменять симпатический и парасимпатический баланс, что может быть профилактической мерой укрепления функционального состояния в подготовке спортсменов, поскольку при выраженном дефиците ЛНК в организме спортсменов усиливается напряжение регуляторных систем и снижаются функциональные резервы.

#### 1.5 Выводы

В ходе исследования выявлена значимая связь между эссенциальной альфа-линоленовой кислотой и параметрами variability сердечного ритма (отрицательная корреляция с индексами централизации и вагосимпатического взаимодействия, абсолютными и относительными

значениями низкочастотных волн, а также положительная – с относительным значением высокочастотных волн спектра ВСП). При дефиците альфа-линоленовой кислоты в плазме крови отмечен неоптимальный уровень регуляции ритма сердца.

**Благодарности:** Работа выполнена в рамках темы по Программе ФНИ на 2017-2020 гг. (№ ГР АААА-А17-117012310157-7) и в рамках темы по Программе Президиума РАН на 2018-2020 гг. (№ ГР АААА-А18-118012290367-6).

**Acknowledgments:** The study was supported by the Program for Fundamental Research of RAS (2017-2020), Project № АААА-А17-117012310157-7 and by the Program for Presidium of RAS (2018-2020), Project № АААА-А18-118012290367-6.

#### Список литературы

1. West S.G., Krick A.L., Klein L.C., Zhao G., Wojtowicz T.F., McGuinness M., Bagshaw D.M., Wagner P., Ceballos R.M., Holub B.J., Kris-Etherton P.M. Effects of diets high in walnuts and flax oil on hemodynamic responses to stress and vascular endothelial function // Journal of the American College of Nutrition. 2010. V.29, №6. P.595-603. DOI: 10.1080/07315724.2010.10719898.

2. Zebrowska A., Mizia-Stec K., Mizia M., Gąsior Z., Poprzęcki S. Omega-3 fatty acids supplementation improves endothelial function and maximal oxygen uptake in endurance-trained athletes

#### References

1. West SG, Krick AL, Klein LC, Zhao G, Wojtowicz TF, McGuinness M, Bagshaw DM, Wagner P, Ceballos RM, Holub BJ, Kris-Etherton PM. Effects of diets high in walnuts and flax oil on hemodynamic responses to stress and vascular endothelial function. Journal of the American College of Nutrition. 2010;29(6):595-03. DOI: 10.1080/07315724.2010.10719898.

2. Zebrowska A, Mizia-Stec K, Mizia M, Gąsior Z, Poprzęcki S. Omega-3 fatty acids supplementation improves endothelial function and maximal oxygen uptake in endurance-trained

// European Journal of Sport Science. 2015. V.15, №4. P.305-314. DOI: 10.1080/17461391.2014.949310.

3. **Lewis E.J., Radonic P.W., Wolever T.M., Wells G.D.** 21 days of mammalian omega-3 fatty acid supplementation improves aspects of neuromuscular function and performance in male athletes compared to olive oil placebo // Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2015. №12. P.28. DOI: 10.1186/s12970-015-0089-4.

4. **Баевский Р.М., Берсенева А.П.** Введение в донозологическую диагностику. М.: Слово, 2008. 220 с.

5. **Billman G.E., Harris W.S.** Effect of dietary omega-3 fatty acids on heart rate and the heart rate variability responses to myocardial ischemia or exercise // American Journal of Physiology. Heart and Circulatory Physiology. 2011. V.300, №6. P.2288-2299. DOI: 10.1152/ajpheart.00140.2011.

6. **Christensen J.H.** Omega-3 polyunsaturated fatty acids and heart rate variability // Frontiers in Physiology. 2011. №2. P.84. DOI: 10.3389/fphys.2011.00084.

7. **Xin W., Wei W., Li X.Y.** Short-term effects of fish-oil supplementation on heart rate variability in humans: a meta-analysis of randomized controlled trials // The American Journal of Clinical Nutrition. 2013. V.97, №5. P.926-935. DOI: 10.3945/ajcn.112.049833.

8. **Kim S.H., Kim M.K., Lee H.Y., Kang H.J., Kim Y.J., Kim H.S.** Prospective randomized comparison between omega-3 fatty acids supplements plus simvastatin versus simvastatin alone in Korean patients with mixed dyslipidemia: lipoprotein profiles and heart rate variability // European Journal of Clinical Nutrition. 2011. V.65, №1. P.110-116. DOI: 10.1038/ejcn.2010.195.

9. **La Rovere M.T., Staszewsky L., Barlera S., Maestri R., Mezzani A., Midi P., Marchioli R., Maggioni A.P., Tognoni G., Tavazzi L., Latini R.** n-3PUFA and Holter-derived autonomic variables in patients with heart failure: data from the Gruppo Italiano per lo Studio della Sopravvivenza nell'Insufficienza Cardiaca (GISSI-HF) Holter substudy // Heart Rhythm. 2013. V.10, №2. P.226-232. DOI: 10.1016/j.hrthm.2012.10.035.

10. **Isensee H., Jacob R.** Differential effects of various oil diets on the risk of cardiac arrhythmias in rats // Journal of Cardiovascular Risk. 1994. V.4, №1. P.353-359.

11. **Mozaffarian D.** Does alpha-linolenic acid intake reduce the risk of coronary heart disease? A review of the evidence // Alternative Therapies in Health and Medicine. 2005. V.11, №3. P.24-30.

12. **Simopoulos A.P.** Omega-3 fatty acids, exercise, physical activity and athletics // World Review of Nutrition and Dietetics. 2008. №98. P.23-50.

13. **Hodson L., Skeaff C.M., Fielding B.A.** Fatty acid composition of adipose tissue and blood in humans and its use as a biomarker of dietary intake // Progress in Lipid Research. 2008. V.47, №5. P.348-380. DOI: 10.1016/j.plipres.2008.03.003.

14. **Ипатова О.М., Прозоровская Н.Н., Баранова В.С., Гусева Д.А.** Биологическая активность льняного масла как источника омега-3 альфа-линоленовой кислоты // Биомедицинская химия. 2004. Т.50, №1. С.25-43.

15. **Bassett C.M., Rodriguez-Leyva D., Pierce G.N.** Experimental and clinical research findings on the cardiovascular benefits of consuming flaxseed // Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. 2009. V.34, №5. P.965-974. DOI: 10.1139/H09-087.

16. **Billman G.E.** The effects of omega-3 polyunsaturated fatty acids on cardiac rhythm: A critical reassessment // Pharmacology & Therapeutics. 2013. V.140, №1. P.53-80. DOI: 10.1016/j.pharmthera.2013.05.011.

17. **Mozaffarian D., Wu J.H.** Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease: effects on risk factors, molecular pathways,

athletes. European Journal of Sport Science. 2015;15(4):305-14. DOI: 10.1080/17461391.2014.949310.

3. **Lewis EJ, Radonic PW, Wolever TM, Wells GD.** 21 days of mammalian omega-3 fatty acid supplementation improves aspects of neuromuscular function and performance in male athletes compared to olive oil placebo. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2015;12:28. DOI: 10.1186/s12970-015-0089-4.

4. **Baevsky RM, Berseneva AP.** Introduction in prenosological diagnostics. Moscow: Slovo; 2008. Russian.

5. **Billman GE, Harris WS.** Effect of dietary omega-3 fatty acids on heart rate and the heart rate variability responses to myocardial ischemia or exercise. American Journal of Physiology. Heart and circulatory physiology. 2011;300(6):2288-99. DOI: 10.1152/ajpheart.00140.2011.

6. **Christensen JH.** Omega-3 polyunsaturated fatty acids and heart rate variability. Frontiers in physiology. 2011;2:84. DOI: 10.3389/fphys.2011.00084.

7. **Xin W, Wei W, Li XY.** Short-term effects of fish-oil supplementation on heart rate variability in humans: a meta-analysis of randomized controlled trials. The American Journal of Clinical Nutrition. 2013;97(5):926-35. DOI: 10.3945/ajcn.112.049833.

8. **Kim SH, Kim MK, Lee HY, Kang HJ, Kim YJ, Kim HS.** Prospective randomized comparison between omega-3 fatty acids supplements plus simvastatin versus simvastatin alone in Korean patients with mixed dyslipidemia: lipoprotein profiles and heart rate variability. European Journal of Clinical Nutrition. 2011;65(1):110-6. DOI: 10.1038/ejcn.2010.195.

9. **La Rovere MT, Staszewsky L, Barlera S, Maestri R, Mezzani A, Midi P, Marchioli R, Maggioni AP, Tognoni G, Tavazzi L, Latini R.** n-3PUFA and Holter-derived autonomic variables in patients with heart failure: data from the Gruppo Italiano per lo Studio della Sopravvivenza nell'Insufficienza Cardiaca (GISSI-HF) Holter substudy. Heart Rhythm. 2013;10(2):226-32. DOI: 10.1016/j.hrthm.2012.10.035.

10. **Isensee H, Jacob R.** Differential effects of various oil diets on the risk of cardiac arrhythmias in rats. Journal of Cardiovascular Risk. 1994;4(1):353-9.

11. **Mozaffarian D.** Does alpha-linolenic acid intake reduce the risk of coronary heart disease? A review of the evidence. Alternative Therapies in Health and Medicine. 2005;11(3):24-30.

12. **Simopoulos AP.** Omega-3 fatty acids, exercise, physical activity and athletics. World Review of Nutrition and Dietetics. 2008;98:23-50.

13. **Hodson L, Skeaff CM, Fielding BA.** Fatty acid composition of adipose tissue and blood in humans and its use as a biomarker of dietary intake. Progress in Lipid Research. 2008;47(5):348-80. DOI: 10.1016/j.plipres.2008.03.003.

14. **Ipatova OM, Prozorovskaya NN, Baranova VS, Guseva DA.** Biological effects of flaxseed oil as the source of alpha-linolenic acid omega-3. Biomeditsinskaya Khimiya. 2004;50(1):25-43. Russian.

15. **Bassett CM, Rodriguez-Leyva D, Pierce GN.** Experimental and clinical research findings on the cardiovascular benefits of consuming flaxseed. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. 2009;34(5):965-74. DOI: 10.1139/H09-087.

16. **Billman GE.** The effects of omega-3 polyunsaturated fatty acids on cardiac rhythm: A critical reassessment. Pharmacology & Therapeutics. 2013;140(1):53-80. DOI: 10.1016/j.pharmthera.2013.05.011.

17. **Mozaffarian D, Wu JH.** Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease: effects on risk factors, molecular pathways,

and clinical events // Journal of the American College of Cardiology. 2011. V.58, №20. P.2047-2067. DOI: 10.1016/j.jacc.2011.06.063.

18. O'Keefe J.H.Jr, Abuissa H., Sastre A., Steinhaus D.M., Harris W.S. Effects of omega-3 fatty acids on resting heart rate, heart rate recovery after exercise, and heart rate variability in men with healed myocardial infarctions and depressed ejection fractions // The American Journal of Cardiology. 2006. V.97, №8. P.1127-1130. DOI: 10.1016/j.amjcard.2005.11.025.

19. Людина А.Ю., Чалышева А.А., Кеткина О.А., Бойко Е.Р. Роль альфа-линоленовой кислоты в формировании психофизиологического статуса лыжников-гонщиков // Экстремальная деятельность человека. 2017. №1. С.18-23.

#### Сведения об авторах:

**Людина Александра Юрьевна**, старший научный сотрудник группы метаболизма человека Отдела экологической и медицинской физиологии ФГБУН Институт физиологии Коми научного центра УрО РАН, к.б.н. ORCID ID: 0000-0003-4849-4735. (+7 (904) 234-81-51, salu\_06@inbox.ru)

**Марков Александр Леонидович**, научный сотрудник группы социальной физиологии Отдела экологической и медицинской физиологии ФГБУН Институт физиологии Коми научного центра УрО РАН, к.б.н. ORCID ID: 0000-0003-0152-6250

**Бойко Евгений Рафаилович**, директор института ФГБУН Институт физиологии Коми научного центра УрО РАН, д.м.н., профессор. ORCID ID: 0000-0002-8027-898X

#### Information about the authors:

**Aleksandra Yu. Lyudinina**, Ph.D. (Biology), Senior Researcher of the Human Metabolism Group of the Department of Ecological and Medical Physiology of the Institute of Physiology of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. ORCID ID: 0000-0003-4849-4735. (+7 (904) 234-81-51, salu\_06@inbox.ru)

**Aleksandr L. Markov**, Ph.D. (Biology), Researcher of the Social Physiology Group of the Department of Ecological and Medical Physiology of the Institute of Physiology of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. ORCID ID: 0000-0003-0152-6250

**Evgeny R. Boyko**, M.D., D.Sc. (Medicine), Prof., Director of the Institute of Physiology of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. ORCID ID: 0000-0002-8027-898X

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interest

*Поступила в редакцию: 04.04.2017*

*Принята к публикации: 24.04.2017*

*Received: 4 April 2017*

*Accepted: 24 April 2017*

and clinical events. Journal of the American College of Cardiology. 2011;58(20):2047-67. DOI: 10.1016/j.jacc.2011.06.063.

18. O'Keefe JHJr, Abuissa H, Sastre A, Steinhaus DM, Harris WS. Effects of omega-3 fatty acids on resting heart rate, heart rate recovery after exercise, and heart rate variability in men with healed myocardial infarctions and depressed ejection fractions. The American Journal of Cardiology. 2006;97(8):1127-30. DOI: 10.1016/j.amjcard.2005.11.025.

19. Lyudinina AYu, Chalysheva AA, Ketkina OA, Wojko ER. The role of alpha-linolenic acid in formation of psycho-physiological status of skiers-racers. Ekstremalnaya deyatelnost cheloveka. 2017;(1):18-23. Russian.