biomarkers of dyslipidemia in the EPIC-Potsdam study. *Eur. J. Clin. Nutr*. 2015; 69 (5): 642—6.
23. Green C., Olson L.K. Modulation of palmitate-induced endoplasmic reticulum stress and apoptosis in pancreatic β-cells by stearoyl-CoA desaturase and Elovl6. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab*. 2011; 300 (4): E640—9.
24. Yee J.K., Phillips S.A., Allamehzadeh K., Herbst K.L. Subcutaneous adipose tissue fatty acid desaturation in adults with and without rare adipose disorders. *Lipids. Health. Dis*. 2012; 11: 19—30.
25. Titov V.N. The physico-chemical, biochemical and functional differences palmitic and oleic fatty acids. The pathogenesis of atherosclerosis, the biological basis of prevention and insulin. *Kardiologicheskiy vestnik*. 2015; (1): 68—76. (in Russian)
26. Chong M., Hodson L., Bickerton A.S., Roberts R., Neville M., Karpe F. et al. Parallel activation of de novo lipogenesis and stearoyl-CoA desaturase activity after 3 d of high-carbohydrate feeding. *Am. J. Clin. Nutr*. 2008; 87 (4): 817—23.
27. Flowers M.T., Ntambi J.M. Stearoyl-CoA desaturase and its relation to high-carbohydrate diets and obesity. *Biochim. Biophys. Acta*. 2009; 1791 (2): 85—91.
28. Sampath H., Ntambi J.M. The role of stearoyl-CoA desaturase in obesity, insulin resistance, and inflammation. *Ann. N.Y. Acad. Sci*. 2011; 1243: 47—53.
29. Miyazaki M., Sampath H., Liu X., Flowers M.T., Chu K., Dobrzyn A. et al. Stearoyl-CoA desaturase-1 deficiency attenuates obesity and insulin resistance in leptin-resistant obese mice. *Biochem. Biophys. Res. Commun*. 2009; 380 (4): 818—22.
30. Lopez S., Bermúdez B., Pacheco Y.M., López-Lluch G., Moreda W., Villar J. et al. Dietary oleic and palmitic acids modulate the ratio of triacylglycerols to cholesterol in postprandial triacylglycerol-rich lipoproteins in men and cell viability and cycling in human monocytes. *J. Nutr*. 2007; 137 (9): 1999—2005.
31. Shnol' S.E. *Physical and Chemical Factors of Biological Evolution [Fiziko-khimicheskie faktory biologicheskoy evolyutsii]*. Moscow: Izdatel'stvo «Nauka»; 1979. (in Russian)
32. Anisimov V.N. *Molecular and Physiological Mechanisms of Aging [Molekulyarnye i fiziologicheskie mekhanizmy stareniya]*. St. Petersburg: Nauka; 2008. (in Russian)
33. Toyama T., Kudo N., Hibino Y., Mitsumoto A., Nishikawa M., Kawashima Y. Effects of pioglitazone on stearoyl-CoA desaturase in obese Zucker fa/fa rats. *J. Pharmacol. Sci*. 2007; 104 (2): 137—45.
34. Ochai M., Matsuo T. Pioglitazone-induced increase in the stearoyl-CoA desaturation index and fat accumulation in rat muscles are not related to lipoprotein lipase activity. *J. Oleo. Sci*. 2013; 62 (9): 745—54.
35. Da Silva E., Bresson S., Rousseau D. Characterization of the three major polymorphic forms and liquid state of tristearin by Raman spectroscopy. *Chem. Phys. Lipids*. 2009; 157 (2): 113—9.

Received 19.10.15

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2016

УДК 612.015.3.06:613.1].084

Власова О.С.[1], Бичкаева Ф.А.[1, 2], Третьякова Т.В.[1]

РОЛЬ ЖИРНЫХ КИСЛОТ, ВОДОРАСТВОРИМЫХ ВИТАМИНОВ, КАЛЬЦИЯ, ФОСФОРА В ОБЕСПЕЧЕНИИ УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА У ЮНОШЕСКОГО НАСЕЛЕНИЯ ДВУХ РАЗНЫХ КЛИМАТОГЕОГРАФИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ

[1]ФГБУН Институт физиологии природных адаптаций Уральского Отделения РАН, 163061, Архангельск, Российская Федерация; [2]ФГАОУ ВПО Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, 163002, Архангельск, Российская Федерация

Обследовано юношеское население в возрасте от 16 лет до 21 года северного (Архангельская область) и южного (Южная Осетия) регионов. Определены показатели углеводного и жирового обмена, обеспеченность организма кальцием, фосфором, тиамином, рибофлавином. В южном регионе выявлено снижение уровня глюкозы, кальция и повышение лактата, пирувата, жирных кислот при сниженной обеспеченности организма тиамином. С использованием корреляционного анализа подтверждена зависимость параметров углеводного обмена у лиц северного региона от уровня кальция и тиамина, у обследованных обоих регионов — от рибофлавина. При этом в северном регионе жирные кислоты вносили наибольший вклад в изменение уровня глюкозы, пирувата и величин отношения лактат/пируват, а в южном насыщенные и полиненасыщенные жирные кислоты оказывали влияние на снижение активности анаэробных процессов.

Ключевые слова: *углеводный обмен; жирные кислоты; водорастворимые витамины; элементы; Север; Южная Осетия; юноши.*

Для цитирования: *Власова О.С., Бичкаева Ф.А., Третьякова Т.В. Роль жирных кислот, водорастворимых витаминов, кальция, фосфора в обеспечении углеводного обмена у юношеского населения двух разных климатогеографических регионов. Клиническая лабораторная диагностика. 2016; 61 (4):204-209. DOI 10.18821/0869-2084-2016-61-4-204-209*

Vlasova O.S.[1], Bichkaieva F.A.[1,2], Tretyakova T.F.[1]

THE ROLE OF FATTY ACIDS, WATER-SOLUBLE VITAMINS, CALCIUM, PHOSPHORUS IN MAINTAINING CARBOHYDRATE METABOLISM IN YOUTH POPULATION OF TWO DIFFERENT CLIMATIC GEOGRAPHIC REGIONS

[1]The institute of physiology of natural adaptations of the Uralskii Branch of the Russian academy of sciences, 163061 Arkhangelsk, Russia; [2]The M.V. Lomonosov northern (arctic) federal university, 163002 Arkhangelsk, Russia

The sampling of youth population aged 16-21 years was examined in the northern (the Arkhangelskaia oblast) and the southern (the Southern Osetia) regions. The indicators of carbohydrate and lipid metabolism, provision of organism with calcium, phosphorus, thiamine, riboflavin were established. In the southern region decreasing of level of glucose, calcium and increasing of lactate,

Для корреспонденции: *Власова Ольга Сергеевна*, канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник лаборатории биологической и неорганической химии ФГБУН Институт физиологии природных адаптаций Уральского Отделения РАН, 163061, Архангельск, E-mail: olgawlassova@mail.ru

pyruvate, fatty acids were detected under decreased provision of organism with thiamine. The application of correlation analysis confirmed dependence of parameters of carbohydrate metabolism in individuals of the northern region from level of calcium and thiamine and in examined in both regions from riboflavin. At that, in the northern region fatty acids contributed maximally into alteration of level of glucose, pyruvate and values of ratio lactate/pyruvate. In the southern region saturated and polyunsaturated acids impacted on decreasing of activity of anaerobic processes.

Keywords: *carbohydrate metabolism; fatty acids; water-soluble vitamins; elements; North; Southern Osetia; male youth*

For citation: *Vlasova O.S., Bichkaieva F.A., Tretiakova T.F. The role of fatty acids, water-soluble vitamins, calcium, phosphorus in maintaining carbohydrate metabolism in youth population of two different climatic geographic regions. Klinicheskaya Laboratornaya Diagnostika (Russian Clinical Laboratory Diagnostics) 2016; 61 (4): 204-209. (in Russ.)*

DOI: 10.18821/0869-2084-2016-61-4-204-209

For correspondence: *Vlasova O.S.,* candidate of biological sciences, senior researcher of laboratory of biological and inorganic chemistry. e-mail: olgawlassova@mail.ru

Conflict of interests. *The authors declare absence of conflict of interests.*

Financing. *The study had no sponsor support*

Received 17.08.2015
Accepted 15.12.2015

Природно-климатические и экологические условия проживания оказывают влияние на организм человека, в связи с чем могут происходить перестройки его гомеостатических систем [1—3]. Так, известно, что у жителей северных регионов происходит активация метаболизма липидов и минимизация метаболизма углеводов, последняя сопровождается снижением уровня глюкозы и пирувата в сыворотке крови и повышением лактата [1, 4].

Исследование углеводного и жирового обмена у взрослого населения показало, что у жителей Южной Осетии, по сравнению с приполярным регионом Архангельской области, снижен уровень глюкозы и величина отношения лактат/пируват, повышено содержание НЖК (насыщенных жирных кислот) и МНЖК (мононенасыщенных жирных кислот) [5]. В связи с этим, исследование углеводного и жирового обмена у юношеского населения Архангельской области, являющейся северной территорией, и жителей южного региона — республики Южная Осетия (г. Цхинвал) представляло определенный интерес.

Регионы исследования значительно различаются климатогеографическими условиями. Архангельская область относится к регионам с умеренно континентальным климатом. Характерной особенностью являются выраженные сезонные колебания погодных факторов: температуры, освещенности, циклонической активности, влажности, геомагнитной активности и других факторов, которые оказывают значительное влияние на физиологическое состояние организма. К основным климатическим параметрам Европейского Севера можно отнести холод, влажность и фотопериодизм. Зимний период достаточно холодный и длительный, лето короткое и прохладное. Средние температуры самого холодного месяца (январь) составляют –12,5—14°С, самого теплого (июль) + 14—17°С [6]. Южная Осетия располагается на южных склонах Большого Кавказа. Климат умеренно теплый и влажный с умеренно холодной зимой и продолжительным летом, средние температуры самого холодного месяца (январь) –2,6—6,5°С, самого теплого (август) +20,7°С. Необходимо отметить, что г. Цхинвал, где проводилось обследование, расположен на высоте 800—900 метров над уровнем моря [7].

Материал и методы. Обследовано юношеское население от 16 лет до 21 года (девушки в возрасте 16—20 лет, юноши — 17—21 год) Архангельской области — 115 человек (81 девушка, 34 юноши), средний возраст 17,66 ± 1,52 лет, и республики Южная Осетия (г. Цхинвал) — 65 человек (42 девушки, 23 юноши), средний возраст 18,77 ± 1,21 лет [8]. Все обследованные относились к I—II группе здоровья и имели примерно одинаковые социально-бытовые условия проживания. Забор крови производили из локтевой вены в вакутайнеры «Bekton Dickinson BP» утром натощак.

Аналитическое определение концентрации биохимических параметров выполнялось в лаборатории биологической и неорганической химии ФГБУН ИФПА УрО РАН г. Архангельска. В сыворотке крови методом спектрофотометрии определяли концентрации параметров углеводного обмена: глюкоза (ГЛЮ), лактат (ЛАК), биоэлементов — кальций (Са), фосфор (Р) — на биохимическом анализаторе «МАРС» с использованием наборов «Chronolab AG» (Швейцария) и пирувата (ПИР) — по реакции с 2,4-динитрофенилгидразином [9]; витаминов группы В — тиамин и рибофлавин — в эритроцитах определяли на анализаторе биожидкостей «Флюорат» («Люмекс») методом спектрофотометрии (B_1) и флуоресценции (B_2). Об обеспеченности организма тиамином судили по величине ТДФ-эффекта — коэффициенту, рассчитываемому по приросту активности эритроцитарного фермента транскетолазы после добавления тиаминдифосфата. Чем выше ТДФ-эффект, тем ниже обеспеченность витамином [10]. Методом газожидкостной хроматографии с предварительной экстракцией липидов из сыворотки крови и последующим получением метиловых эфиров жирных кислот (ЖК) определяли содержание: НЖК — декановая (С10:0), ундекановая (С11:0), лауриновая (С12:0), тридекановая (С13:0), миристиновая (С14:0), пентадекановая (С15:0), пальмитиновая (С16:0), маргариновая (С17:0), стеариновая (С18:0), арахиновая (С20:0), генэйкозановая (С21:0), бегеновая (С22:0), трикозановая (С23:0), лигноцериновая (С24:0); МНЖК — миристолеиновая (С14:1n5), пентадеканолевая (С15:1n5), пальмитолеиновая (С16:1n7), гептадеканолевая (С17:1n7), элаидиновая (С18:1n9t), олеиновая (С18:1n9c), эйкозеновая (С20:1n9), эруковая (С22:1n9), нервоновая (С24:1n9); полиненасыщенных ЖК (ПНЖК) — линоэлаидиновая (С18:2n6t), линолевая (С18:2n6c), α-линоленовая (С18:3n3), γ-линоленовая (С18:3n6), эйкозадиеновая (С20:2n6), эйкозатриеновая (С20:3n3), дигомо-γ-линоленовая (С20:3n6), арахидоновая (С20:4n6), докозадиеновая (С22:2n6), эйкозапентаеновая (С20:5n3), докозагексаеновая (С22:6n3) [11, 12]. Анализ метиловых производных ЖК проводили на газовых хроматографах «ГАЛС-311» (Люмекс) и Agilent 7890A с пламенно-ионизационными детекторами (ПИД) и с использованием капиллярных колонок BPX-90 SGE (60 м*0,25 мм*0,25 мкм), DB-23 Agilent (60 м*0,25 мм*0,15 мкм). Идентификацию ЖК осуществляли с использованием стандарта «Supelco 37 FAME C4-C24» (USA). Рассчитывали значения коэффициента ЛАК/ПИР (Л/П), показывающего степень превалирования анаэробных процессов окисления над аэробными.

Статистическую обработку данных, распределение показателей, определение границ нормального распределения проводили с использованием программы SPSS 13.0 for Windows [13]. Критический уровень значимости (р) при провер-

DOI 10.18821/0869-2084-2016-61-4-204-209

ке статистических гипотез принимался за 0,05. Для показателей в группах было выявлено как нормальное и близкое к нормальному распределение, так и распределение, сильно отклоняющееся от нормального. Был выполнен дескриптивный анализ (расчет среднего арифметического значения и его стандартной ошибки), для сравнения средних значений в группах использовались параметрический t-критерий и непараметрический U-критерий Манна-Уитни. Корреляционный анализ параметров выполнен с применением коэффициента корреляции Пирсона, а для показателей, не соответствующих нормальному распределению, по Спирмену с учетом ранговой корреляции.

Результаты и обсуждение. Содержание ГЛЮ значимо выше ($p < 0,001$) у жителей юношеского возраста Архангельской области, а уровень промежуточных продуктов углеводного обмена (ЛАК и ПИР) достоверно выше ($p < 0,001$) у лиц аналогичного возраста Южной Осетии (см. таблицу). При этом, обеспеченность кальцием лучше у северян ($p = 0,008$), а в содержании фосфора статистически значимых различий не выявлено. Кроме того, обеспеченность организма тиамином выше у жителей Севера ($p < 0,001$), а рибофлавина — у представителей Южной Осетии ($p = 0,001$).

При анализе содержания ЖК в крови установлены значимо повышенные уровни ЖК у жителей Южной Осетии по сравнению с северянами ($p < 0,05$—$0,001$) (см. рисунок). Так, концентрации НЖК достоверно выше у лиц Южной Осетии за счет декановой, среднецепочечных ЖК — лауриновой, тридекановой, миристиновой, пентадекановой, длинноцепочечных ЖК — пальмитиновой, гептадекановой, стеариновой, арахиновой, генэйкозановой, бегеновой, лигноцериновой, выше уровни ω-9 МНЖК — элаидиновой, олеиновой, эйкозеновой, эруковой — и ПНЖК: α-линоленовой, γ-линоленовой, арахидоновой, докозагексаеновой.

Вместе с тем уровень ундециловой НЖК и содержание миристолеиновой, пальмитолеиновой МНЖК, линолевой, эйкозадиеновой, эйкозатриеновой ω-6, эйкозапентаеновой ПНЖК также имели тенденцию к повышению у представителей Южной Осетии (см. рисунок). При этом, наоборот, у северян выше содержание трикозановой НЖК ($p = 0,002$), эйкозатриеновой ω-3 ПНЖК ($p = 0,005$) и имели тенденцию к повышению концентрации пентадеканолевой, гептадеканолевой, нервоновой МНЖК и линолелаидиновой, докозадиеновой ПНЖК.

Результаты корреляционного анализа показали наличие корреляционных зависимостей между изученными показателями. Необходимо отметить, что выявленные корреляции по величине коэффициента относились к слабым ($r = 0,2$—$0,29$) и умеренным ($r = 0,3$—$0,49$), некоторые к средним ($r = 0,5$—$0,69$) связям [14].

Корреляционным анализом доказано, что выявленный у северян значимо повышенный уровень ГЛЮ напрямую зависел от содержания НЖК — пентадекановой ($r = 0,22$; $p = 0,03$), стеариновой ($r = 0,22$; $p = 0,031$), арахиновой ($r = 0,25$; $p = 0,015$), генэйкозановой ($r = 0,3$; $p = 0,004$), бегеновой ($r = 0,34$; $p = 0,001$); МНЖК — пентадеканолевой ($r = 0,29$; $p = 0,01$), пальмитолеиновой ($r = 0,29$; $p = 0,005$), элаидиновой ($r = 0,23$; $p = 0,028$), эйкозеновой ($r = 0,34$; $p = 0,001$); ω-6 ПНЖК γ-линоленовой ($r = 0,45$; $p < 0,05$), эйкозадиеновой ($r = 0,28$; $p = 0,006$), эйкозатриеновой и арахидоновой ($r = 0,42$; $p < 0,001$); ω-3 ПНЖК α-линоленовой ($r = 0,38$; $p < 0,001$), эйкозапентаеновой ($r = 0,23$; $p = 0,024$), докозагексаеновой ($r = 0,47$; $p < 0,001$), а зависимость от линоелаидиновой ($r = –0,38$; $p < 0,001$) и докозадиеновой ($r = –0,26$; $p = 0,014$) ЖК носила отрицательный характер. При этом у лиц аналогичного возраста в Южной Осетии, относительно северян, на значимо сниженный уровень ГЛЮ оказывали прямое влияние лишь пентадекановая НЖК ($r = 0,30$; $p = 0,019$) и обратное докозагексаеновая ПНЖК ($r = –0,27$; $p = 0,038$).

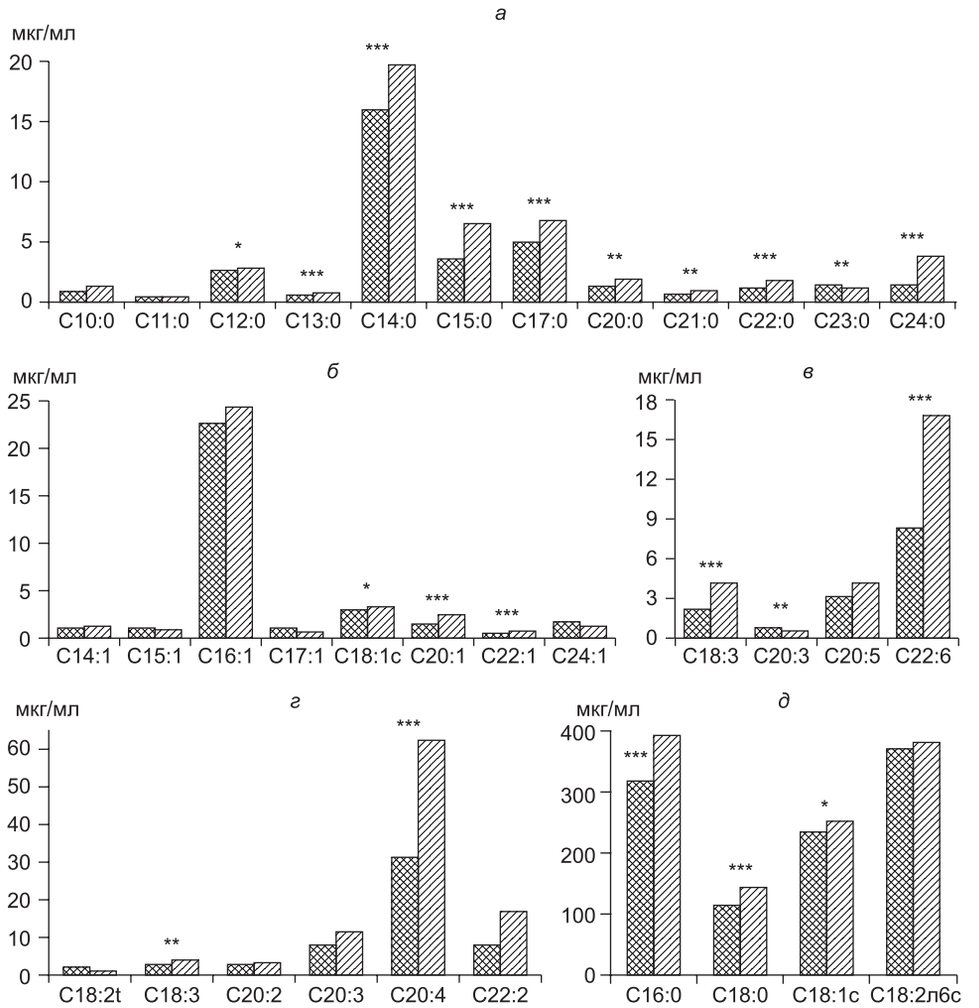
Содержание показателей углеводного обмена, кальция, фосфора, тиамина и рибофлавина у юношеского населения северного и южного регионов

Показатель	Архангельская область		Цхинвал, Южная Осетия		Значимость различий
	n	*M* ± *m*	*n*	*M* ± *m*	
ГЛЮ, ммоль/л	111	4,64 ± 0,06	65	4,27 ± 0,06	$p < 0,001$
ЛАК, ммоль/л	105	2,65 ± 0,07	55	3,62 ± 0,17	$p < 0,001$
ПИР, ммоль/л	112	0,035 ± 0,001	63	0,047 ± 0,002	$p < 0,001$
ЛАК/ПИР, усл. ед.	105	87,18 ± 4,33	55	77,30 ± 3,02	$p = 0,555$
Ca, ммоль/л	110	2,39 ± 0,03	63	2,30 ± 0,02	$p = 0,008$
P, ммоль/л	112	1,28 ± 0,02	50	1,25 ± 0,02	$p = 0,37$
ТДФ-эффект, усл. ед.	101	1,07 ± 0,01	62	1,27 ± 0,02	$p < 0,001$
B_2, нг/мл	105	213,78 ± 12,42	59	308,52 ± 23,47	$p = 0,001$

Кроме того, у северян, относительно лиц Южной Осетии, установлены взаимосвязи уровня ГЛЮ с витаминной обеспеченностью — прямая для величины ТДФ-эффекта ($r = 0,21$; $p = 0,037$), обратная для содержания рибофлавина ($r = –0,27$; $p = 0,006$).

Статистически значимых межсистемных взаимосвязей у северян при сниженном содержании ЛАК в крови, относительно Южной Осетии, не выявлено. У обследованных южного региона на значимо повышенный уровень ЛАК оказывали отрицательное влияние декановая ($r = –0,37$; $p = 0,008$), арахиновая ($r = –0,38$; $p = 0,005$), бегеновая НЖК ($r = –0,29$; $p = 0,043$), линолевая ($r = –0,39$; $p = 0,004$), эйкозадиеновая ($r = –0,39$; $p = 0,005$), эйкозатриеновая ($r = –0,33$; $p = 0,019$) ω-6 ЖК и докозагекзаеновая ($r = –0,37$; $p = 0,008$) ω-3 ЖК, а положительное влияние лишь пентадеканолевая МЖК ($r = 0,36$; $p = 0,009$). Кроме того, установлена прямая зависимость уровня ЛАК от рибофлавина ($r = 0,28$; $p = 0,043$).

На выявленное у северян значимо сниженное содержание ПИР, относительно Южной Осетии, оказывали прямое влияние уровень декановой ($r = 0,3$; $p = 0,007$), арахиновой ($r = 0,43$; $p < 0,001$), бегеновой ($r = 0,46$; $p < 0,001$), лигноцериновой ($r = 0,25$; $p = 0,015$) НЖК, миристолеиновой ($r = 0,23$; $p = 0,026$), элаидиновой ($r = 0,44$; $p < 0,001$), эйкозеновой ($r = 0,47$; $p < 0,001$), нервоновой ($r = 0,26$; $p = 0,012$) МНЖК, а обратное влияние — ундекановой ($r = –0,33$; $p = 0,004$), тридекановой ($r = –0,33$; $p = 0,002$), трикозановой ($r = –0,34$; $p = 0,002$) НЖК, гептадеканолевой ($r = –0,45$; $p < 0,001$), эруковой ($r = –0,56$; $p < 0,001$) МНЖК. При этом, между уровнем ПИР и ПНЖК отмечены, в основном, положительные взаимосвязи: для линолевой ($r = 0,3$; $p = 0,003$), линоленовой ($r = 0,24$; $p = 0,021$), γ-линоленовой ($r = 0,63$; $p < 0,001$), эйкозадиеновой ($r = 0,35$; $p < 0,001$), эйкозатриеновой ω-6 ($r = 0,48$; $p < 0,001$), эйкозатриеновой ω-3 ($r = 0,42$; $p = 0,002$), арахидоновой ($r = 0,51$; $p < 0,001$), докозагексаеновой ($r = 0,49$; $p < 0,001$), и лишь с линолелаидиновой ($r = –0,4$; $p < 0,001$) и докозадиеновой ($r = –0,46$; $p < 0,001$) установлены отрицательные связи. Кроме того, содержание ПИР напрямую зависело от обеспеченности организма кальцием ($r = 0,45$; $p < 0,001$). На достоверно повышенные уровни ПИР у лиц южного реги-



Содержание жирных кислот в сыворотке крови (в мкг/мл) у юношеского населения северного (решетка) и южного (косая штриховка) регионов.

а — содержание насыщенных ЖК; *б* — содержание мононенасыщенных ЖК; *в* — содержание омега-3 полиненасыщенных ЖК; *г* — содержание омега-6 полиненасыщенных ЖК; д — содержание пальмитиновой, стеариновой, олеиновой и линолевой ЖК.

Уровни достоверности различий: * — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$; *** — $p < 0,001$.

она оказывала регулирующее влияние только концентрация пентадеканолевой МНЖК ($r = 0,32$; $p = 0,016$).

Таким образом, у северян преобладание анаэробных процессов над аэробными (тенденция к повышению значений отношения Л/П) сопровождалось снижением содержания ЖК, что доказано обратными коррелятивными взаимосвязями с величиной Л/П стеариновой ($r = –0,21$; $p = 0,044$), арахиновой ($r = –0,42$; $p < 0,001$), генэйкозановой ($r = –0,22$; $p = 0,045$), бегеновой ($r = –0,46$; $p < 0,001$) и прямыми взаимосвязями ундекановой ($r = 0,38$; $p = 0,001$), тридекановой ($r = 0,3$; $p = 0,006$), трикозановой ($r = 0,28$; $p = 0,01$) НЖК. Со стороны МНЖК отрицательное влияние на величину Л/П оказывали миристолеиновая ($r = –0,23$; $p = 0,032$), элаидиновая ($r = –0,41$; $p < 0,001$), эйкозеновая ($r = –0,44$; $p < 0,001$), а гептадеканолевая ($r = 0,35$; $p = 0,001$) и эруковая ($r = 0,53$; $p < 0,001$) положительное влияние. Установлены также отрицательные взаимосвязи величин Л/П с содержанием линолевой ($r = –0,37$; $p < 0,001$), линоленовой ($r = –0,22$; $p = 0,034$), γ-линоленовой ($r = –0,64$; $p < 0,001$), эйкозадиеновой ($r = –0,35$; $p = 0,001$), эйкозатриеновой ω-6 ($r = –0,58$; $p < 0,001$), арахидоновой ($r = –0,61$; $p < 0,001$), докозагексаеновой ($r = –0,47$; $p < 0,001$) и прямые связи с линолелаидиновой ($r = 0,50$; $p < 0,001$) и докозадиеновой ($r = 0,50$; $p < 0,001$) ПНЖК. Помимо ЖК коэффициент Л/П обратно взаимосвязан с уровнем кальция в крови ($r = –0,37$; $p < 0,001$).

В Южной Осетии на тенденции снижения величины Л/П оказывали значимое отрицательное влияние уровни декановой ($r = –0,34$; $p = 0,015$), пентадекановой ($r = –0,33$; $p = 0,018$), пальмитиновой ($r = –0,37$; $p = 0,005$), стеариновой ($r = –0,39$; $p = 0,004$), арахиновой ($r = –0,51$; $p < 0,001$), трикозановой ($r = –0,33$; $p = 0,017$), лигноцериновой ($r = –0,29$; $p = 0,041$) НЖК, пальмитолеиновой ($r = –0,4$; $p = 0,004$), олеиновой ($r = –0,30$; $p = 0,034$) МНЖК, линолевой ($r = –0,43$; $p = 0,002$), линоленовой ($r = –0,48$; $p < 0,001$), γ-линоленовой и эйкозадиеновой ($r = –0,44$; $p = 0,001$), эйкозатриеновой ω-6 ($r = –0,37$; $p = 0,009$), арахидоновой ($r = –0,41$; $p = 0,003$), эйкозапентаеновой ($r = –0,31$; $p = 0,025$), докозагексаеновой ($r = –0,39$; $p = 0,005$) ПНЖК. Кроме того, величина Л/П была положительно взаимосвязана с концентрацией рибофлавина ($r = 0,32$; $p = 0,019$).

Заключение. Высокие концентрации ЖК в крови, в первую очередь насыщенных, могут снижать чувствительность клеток к инсулину, активность ферментов гликолиза и гликогенеза. При этом ПНЖК и МНЖК, наоборот, изменяя структуру клеточных мембран, могут повышать чувствительность тканей к инсулину, предотвращая развитие инсулинорезистентности, что может приводить к увеличению утилизации глюкозы [15, 16, 17]. Кальций и фосфор также принимают участие в регуляции углеводного обмена, так, выброс инсулина находится в прямой зависимости от уровня кальция в крови, содержание фосфора в ней падает при повышении уровня инсулина и глюкозы [16, 18, 19]. Витамин B_1 в виде дифосфорного эфира тиамина (ТДФ) входит в состав трех ферментов и ферментных комплексов. В составе пируват- и α-кетоглуторатдегидрогеназных комплексов он участвует в окислительном декарбоксилировании пирувата и α-кетоглутората; в составе транскетолазы ТДФ участвует в пентозофосфатном пути превращения углеводов [20]. Тиамин также принимает участие в регуляции некоторых ключевых ферментов гликолиза [16].

Среди представленных территорий Архангельская область — Север характеризуется наибольшей жесткостью погодных условий, но число лиц с нормальной обеспеченностью организма тиамином большее, чем в Южной Осетии, где выявлено увеличение доли лиц с пониженной обеспеченностью витамином. Выявленная у представителей Южной Осетии низкая обеспеченность организма тиамином, вероятно, связана с усилением углеводного обмена за счет активизации ключевых ферментов гликолиза и цикла Кребса, функ-

ционирование которых связано с повышенным потреблением тиамина в организме. А у лиц Архангельской области данные процессы, вероятно, ингибируются, и значительно активизируется жировой обмен, следствием чего является более низкая потребность организма в тиамине, что приводит к «экономизации» и улучшению обеспеченности тиамином.

Следовательно, можно предположить, что в юношеском возрасте у лиц Южной Осетии высока роль углеводного компонента (снижен уровень ГЛЮ) в энергообеспечении организма, что приводит к повышенному использованию тиамина. В Архангельской области, наоборот, высока роль липидного компонента в энергообеспечении (снижение уровня ЖК), что снижает потребности в тиамине. Кроме того, выявленная низкая обеспеченность тиамином у лиц Южной Осетии, может быть связана с отсутствием в рационе хлебобулочных изделий грубого помола и других продуктов, являющихся источниками тиамина [21]. Таким образом, снижение жесткости погодных условий в нашем исследовании сопровождалось увеличением доли лиц, имеющих тиамин-дефицитные состояния, значимое повышение уровня в крови как насыщенных, так и ненасыщенных ЖК и снижение концентрации глюкозы.

Содержание ГЛЮ в южном регионе значимо снижено, скорее всего, за счет более высокой активности гликолитических процессов, что доказано повышенными уровнями ПИР и ЛАК. На активацию глюконеогенеза у жителей Архангельской области оказывали влияние и ЖК, несмотря на их более низкие концентрации по сравнению с южным регионом, что было доказано прямыми корреляционными взаимосвязями между ГЛЮ и ЖК, а также между ЖК и ПИР. Необходимо отметить, что в северном регионе НЖК и МНЖК оказывали на уровень ПИР как стимулирующее, так и ингибирующее влияние, что доказано прямыми и обратными корреляциями, а также высокую активность ПНЖК — их значимое воздействие на уровень ГЛЮ и ПИР.

У представителей южного региона немногочисленные, в основном обратные корреляционные связи ЖК с ЛАК, а также большое число корреляций отношения ЛАК/ПИР с ЖК, прежде всего, НЖК и ПНЖК свидетельствовали о регулирующей роли ЖК в снижении активности анаэробных процессов. При этом, у представителей северных территорий, наоборот, на повышение активности анаэробных процессов регулирующая роль отрицательного и положительного характера принадлежала ЖК, в первую очередь ПНЖК. Са и витамины B_1 и B_2 оказывали потенцирующую роль в регуляции гликолитических процессов у жителей северного региона.

Исследование не имело спонсорской поддержки.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА (п.п. 11, 18—19 см. REFERENCES)

1. Бойко Е.Р. *Физиолого-биохимические основы жизнедеятельности человека на Севере.* Екатеринбург; 2005.
2. Добродеева Л.К., Бичкаева Ф.А., Типисова Е.В., Поскотинова Л.В., Губкина З.Д. *Экологическая зависимость физиологических функций человека: монография.* Архангельск: Издательство Архангельского государственного технического университета; 2006.
3. Бичкаева Ф.А. *Эндокринная регуляция метаболических процессов у человека на Севере.* Екатеринбург: УрО РАН; 2008.
4. Панин Л.Е. Гомеостаз и проблемы приполярной медицины (методологические аспекты адаптации). *Бюллетень Сибирского отделения РАМН*. 2010; (3): 6—11.
5. Бичкаева Ф.А., Кокоев Т.И., Джиоева Ц.Г., Джабиева З.А., Волкова Н.И., Третьякова Т.В. и др. Сравнительная характеристика углеводного и жирового обменов у жителей двух различных климатогеографических территорий. *Вестник Академии знаний*. 2013; (1): 174—81.
6. Санников А.Л., Банникова Р.В. *Характеристика основных климато-экологических и социальных параметров жизнедеятельности в условиях Европейского Севера (по материалам Архангельской области).* Архангельск: Издательство АГМА; 2000.
7. Дзагоев А.Д. *География Южной Осетии: учебное пособие.* Владикавказ: «Олимп»; 2003.
8. Безруких М.М., Сонькин В.Д., Фарбер Д.А. *Возрастная физиология (физиология развития ребенка)*. 2-е издание. М.: Издательский центр «Академия»; 2007: 6—18.
9. Пятницкая И.Н., Чернобровкина Т.В., Найденова Н.Г. *Клинические и ферментативные методы диагностики алкоголизма: методические рекомендации МЗ РСФСР*. М.; 1984.
10. Мартинчук А.Н., Ларина Т.И., Исаева В.А. Тиамин (витамин В1). В кн.: *Труды института питания Академии медицинских наук СССР*. Москва; 1987; (8): 87—98.
12. Мансурова И.Д., Султанова У.К. Определение содержания высших жирных кислот в сыворотке крови здоровых и больных хроническим панкреатитом методом газовой хроматографии. *Лабораторное дело*. 1985; (9): 524—7.
13. Наследов А.Д. *SPSS 19: профессиональный статистический анализ данных.* СПб.: Питер; 2011.
14. Юрьев Ю.Ю., Типисова Е.В. *Практическое пособие по статистической обработке материала: учебно-методическая разработка для специалистов нематематического профиля*. Архангельск; 2009.
15. Гинзбург М.М., Козупица Г.С. Синдром инсулинорезистентности. *Проблемы эндокринологии*. 1997; 43 (1): 40—3.
16. Кендыш И.Н. *Регуляция углеводного обмена.* М.: Медицина; 1985.
17. Амелюшкина В.А., Рожкова Т.А., Титов В.Н. Пальмитиновый и олеиновый варианты метаболизма жирных кислот, экзогенный синдром резистентности к инсулину при нарушении биологической функции питания (трофологии). *Клиническая лабораторная диагностика*. 2013; (7): 21—9.
20. Северин Е.С., ред. *Биохимия*: *учебник*. 5-е издание. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2008.
21. Громова О.А. Исторические и современные аспекты отечественной педиатрической витаминологии. *Педиатрическая фармакология*. 2008; 5 (1): 57—61.

Поступила 17.08.15

REFERENCES

1. Boyko E.R. *Physiological and Biochemical Foundations of Human Life in the North [Fiziologo-biokhimicheskie osnovy zhiznedeyatel'nosti cheloveka na Severe]*. Ekaterinburg; 2005. (in Russian)
2. Dobrodeeva L.K., Bichkaeva F.A., Tipisova E.V., Poskotinova L.V., Gubkina Z.D. *Environmental Characteristic of Human Physiological Functions: Monograph [Ekologicheskaya zavisimost' fiziologicheskikh funktsiy cheloveka: monografiya]*. Arkhangel'sk: Izdatel'stvo Arkhangel'skogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta; 2006. (in Russian)
3. Bichkaeva F.A. *Endocrine Regulation of Metabolic Processes in Humans in the North [Endokrinnaya regulyatsiya metabolicheskikh protsessov u cheloveka na Severe]*. Ekaterinburg: UrO RAN; 2008. (in Russian)
4. Panin L.E. Homeostasis and problems of circumpolar health (methodological aspects of adaptation). *Byulleten' Sibirskogo otdeleniya RAMN.* 2010; (3): 6—11. (in Russian)
5. Bichkaeva F.A., Kokoev T.I., Dzhioeva Ts.G., Dzhabieva Z.A., Volkova N.I., Tret'yakova T.V. et al. Comparative characteristics of the carbohydrate and fat metabolism in the residents of two different climatic regions. *Vestnik Akademii znaniy.* 2013; (1): 174—81. (in Russian)
6. Sannikov A.L., Bannikova R.V. *Characteristics of the Main Climatic and Environmental and Social Factors of the Life in the Conditions of the European North (based on data of the Arkhangelsk region) [Kharakteristika osnovnykh klimato-ekologicheskikh i sotsial'nykh parametrov zhiznedeyatel'nosti v usloviyakh Evropeyskogo Severa (po materialam Arkhangel'skoy oblasti)]*. Arkhangel'sk: Izdatel'stvo AGMA; 2000. (in Russian)

7. Dzagoev A.D. *Geography of the South Ossetia: Textbook [Geografiya Yuzhnoy Osetii: uchebnoe posobie]*. Vladikavkaz: «Olimp»; 2003. (in Russian)
8. Bezrukikh M.M., Son'kin V.D., Farber D.A. *Age-Specific Physiology (development physiology of the child) [Vozrastnaya fiziologiya (fiziologiya razvitiya rebenka)]*. 2nd edition. Moscow: Izdatel'skiy tsentr «Akademiya»; 2007: 6—18. (in Russian)
9. Pyatnitskaya I.N., Chernobrovkina T.V., Naydenova N.G. *Clinical and Enzymatic Methods for Diagnosis of Alcoholism: Guidelines of MOH RSFSR [Klinicheskie i fermentativnye metody diagnostiki alkogolizma: metodicheskie rekomendatsii MZ RSFSR]*. Moscow; 1984. (in Russian)
10. Martinchuk A.N., Larina T.I., Isaeva V.A. Thiamine (vitamin B1) In: *Proceedings of the Institute of Nutrition of the Academy of Medical Sciences [Trudy instituta pitaniya Akademii meditsinskikh nauk SSSR]*. Moscow; 1987; (8): 87—98. (in Russian)
11. Folch J., Less M., Stanley G.H. A simple method the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem. 1957; 226 (1): 497*—509.
12. Mansurova I.D., Sultanova U.K. Determination of higher fatty acids in the serum of healthy people and patients with chronic pancreatitis by gas chromatography. *Laboratornoe delo.* 1985; (9): 524—7. (in Russian)
13. Nasledov A.D. *SPSS 15.0 Professional Statistical Analysis [SPSS 19: professional'nyy statisticheskiy analiz dannykh]*. St. Petersburg: Piter; 2011. (in Russian)
14. Yur'ev Yu.Yu., Tipisova E.V. *The Practical Guide for Statistical Analysis of the Material: Training Development for the Professionals with Non-Mathematical Profile [Prakticheskoe posobie po statisticheskoy obrabotke materiala: uchebno-metodicheskaya razrabotka dlya spetsialistov nematematicheskogo profilya]*. Arkhangel'sk; 2009. (in Russian)
15. Ginzburg M.M., Kozupitsa G.S. Insulin resistance syndrome. *Problemy endokrinologii.* 1997; 43 (1): 40—3. (in Russian)
16. Kendysh I.N. *Regulation of Carbohydrate Metabolism [Regulyatsiya uglevodnogo obmena]*. Moscow: Meditsina; 1985. (in Russian)
17. Amelyushkina V.A., Rozhkova T.A., Titov V.N. The palmitrc and oleic modes of metabolism of fatty acids, the exogenous syndrome of resistance to insulin under disorder of biologic function of nutrition (trophology) *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika*. 2013; (7): 21—9. (in Russian)
18. Vexiau P., Cathelineau G. Role of calcium in the metabolism of carbohydrates. *Ann. Med. Interne (Paris). 1984; 135 (1): 58*—73.
19. Foss M.C. Peripheral glucose metabolism in healthy subjects and in endocrine diseases. *Braz. J. Med. Biol. Res. 1994; 27 (4): 959—79.*
20. Severin E.S., ed. *Biochemistry: the Textbook [Biokhimiya: uchebnik]*. 5th ed. Moscow: GEOTAR-Media; 2008. (in Russian)
21. Gromova O.A. Historical and modern aspects of Russian pediatric vitaminology. *Pediatricheskaya farmakologiya.* 2008; 5 (1): 57—61. (in Russian)

Поступила 17.08.2015
Принята к печати 15.12.15

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2016

УДК 616.36-002-06:616.36-004]-07

Сурков А.Н.[1], Намазова-Баранова Л.С.[1, 2, 3], Геворкян А.К.[1, 2]

НЕИНВАЗИВНАЯ ДИАГНОСТИКА ФИБРОЗА И ЦИРРОЗА ПЕЧЕНИ ПРИ ХРОНИЧЕСКИХ ВИРУСНЫХ ГЕПАТИТАХ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

[1]ФГБУ «Научный центр здоровья детей» Минздрава России, 119991, Москва, Россия; [2]ГБОУ ВПО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова», Российская Федерация, 119991, Москва, Россия; [3]ГБОУ ВПО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Российская Федерация, 117997, Москва, Россия

Хронические вирусные гепатиты характеризуются прогрессирующим течением, в связи с чем существует риск развития фиброза печени, для диагностики которого в качестве основного метода применяют биопсию. Однако эта инвазивная процедура не всегда безопасна для пациента, поэтому проводится только в специализированных учреждениях, требует специальной подготовки медицинского персонала и имеет ряд противопоказаний. В последние годы в качестве неинвазивной диагностики стадий фиброза печени рассматривают ряд сывороточных маркеров, среди которых наибольшее число исследований посвящено гиалуроновой кислоте, коллагену IV типа, матриксным металлопротеиназам и их тканевым ингибиторам, трансформирующему фактору роста β. В обзоре представлена современная информация о возможностях применения этих серологических показателей в практической медицине у пациентов с хроническими вирусными гепатитами.

Ключевые слова: *фиброз печени; гиалуроновая кислота; коллаген IV типа; матриксные металлопротеиназы; трансформирующий фактор роста β; диагностика.*

Для цитирования: *Сурков А.Н., Намазова-Баранова Л.С., Геворкян А.К. Неинвазивная диагностика фиброза и цирроза печени при хронических вирусных гепатитах (обзор литературы). Клиническая лабораторная диагностика; 2016; 61 (4): 204-209. DOI: 10.18821/0869-2084-2016-61-4-209-214*

Surkov A.N.[1], Namazova-Baranova L.S.[1,2,3], Gevorkyan A.K.[1,2]

THE NON-INVASIVE DIAGNOSTIC OF FIBROSIS AND CIRRHOSIS OF LIVER UNDER CHRONIC VIRAL HEPATITIS: PUBLICATIONS REVIEW

[1]The research center of children health of Minzdrav of Russia, 119991 Moscow, Russia; [2]The I.M. Sechenov first Moscow state medical university of Minzdrav of Russia, 119992, Moscow, Russia; [3]The N.I. Pirogov Russian national research medical university Minzdrav of Russia, 117997 Moscow, Russia

Для корреспонденции: *Сурков Андрей Николаевич*, канд. мед. наук, и. о. заведующего консультативным отделением Консультативно-диагностического центра ФГБУ «Научный центр здоровья детей» Минздрава России, E-mail: surkov@nczd.ru