

**СООТНОШЕНИЕ В КРОВИ НАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ  
И МЕТАБОЛИТОВ УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА  
У 22–35-ЛЕТНИХ ЖИТЕЛЕЙ АРКТИКИ<sup>1</sup>**

*А.А. Бичкаев*\*/\*\*, *Ф.А. Бичкаева*\*, *Н.И. Волкова*\*/\*\*, *Т.В. Третьякова*\*, *О.С. Власова*\*,  
*Е.В. Нестерова*\*, *Б.А. Шенгоф*\*/\*\*, *Н.Ф. Баранова*\*

\*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики РАН  
(г. Архангельск)

\*\*Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова  
(г. Архангельск)

В сыворотке крови взрослого населения Приарктического и Арктического регионов Европейского Севера России определены показатели углеводного обмена, уровень насыщенных жирных кислот, рассчитан индекс массы тела (ИМТ). Обследовано 370 человек в возрасте от 22 до 35 лет. С помощью корреляционного и дисперсионного анализа установлена зависимость параметров углеводного обмена от концентрации коротко-, средне- и длинноцепочечных насыщенных жирных кислот в крови, отмечены ее особенности у жителей Приарктического и Арктического регионов. Доказано, что у жителей Приарктического региона основным фактором повышения уровня глюкозы в крови является ИМТ в сочетании с уровнями в крови декановой, ундециловой ( $C_{11:0}$ ) короткоцепочечных, тридекановой ( $C_{13:0}$ ), миристиновой, пентадекановой среднецепочечных и пальмитиновой ( $C_{16:0}$ ), маргариновой, арахидиновой, генэйкозановой ( $C_{21:0}$ ) длинноцепочечных жирных кислот (10–15 %), а также комплекс факторов ИМТ×пол× $C_{16:0}$  и пол× $C_{13:0}$  (5,0–8,6 %). У представителей Арктического региона наибольшее влияние на снижение уровня глюкозы оказывали в отдельности концентрации каприловой, пеларгоновой, ундециловой короткоцепочечных (15–21 %), затем тридекановой среднецепочечной (11,0 %) и пальмитиновой, маргариновой, стеариновой ( $C_{18:0}$ ), генэйкозановой, бегеновой ( $C_{22:0}$ ), лигноцеридной длинноцепочечных жирных кислот (6,0–11,0 %), а наименьшее – комплекс пол× $C_{18:0}$  (8 %). При этом на незначительное снижение активности анаэробных процессов у жителей Приарктического региона отдельно влияли уровни капроновой и генэйкозановой жирных

---

<sup>1</sup>Работа поддержана грантом №15-3-4-39 программы Уральского отделения РАН «Фундаментальные науки – медицине».

**Ответственный за переписку:** Бичкаева Фатима Артемовна, *адрес:* 163061, г. Архангельск, просп. Ломоносова, д. 249; *e-mail:* fatima@ifra.uran.ru

**Для цитирования:** Бичкаев А.А., Бичкаева Ф.А., Волкова Н.И., Третьякова Т.В., Власова О.С., Нестерова Е.В., Шенгоф Б.А., Баранова Н.Ф. Соотношение в крови насыщенных жирных кислот и метаболитов углеводного обмена у 22–35-летних жителей Арктики // Журн. мед.-биол. исследований. 2017. Т. 5, № 2. С. 44–55. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.2.44

кислот (9,3–15 %), а у жителей Арктического – капроновой, каприловой, пеларгоновой, пентадекановой, пальмитиновой, маргариновой, лигноцериновой жирных кислот (10,4–18,1 %) и комплексы факторов ИМТ $\times$ пол $\times$ C<sub>22:0</sub> (20 %), ИМТ $\times$ пол $\times$ C<sub>21:0</sub>, ИМТ $\times$ пол $\times$ C<sub>12:0</sub>, пол $\times$ C<sub>11:0</sub> (11–13 %).

**Ключевые слова:** насыщенные жирные кислоты; коротко-, средне- и длинноцепочечные жирные кислоты; метаболиты углеводного обмена; индекс массы тела; взрослые жители Приарктического региона; взрослые жители Арктического региона.

Насыщенные жирные кислоты (НЖК) – не только источник энергии для человека, но и незаменимый компонент клеточных мембран, синтеза гормонов, усвоения жирорастворимых витаминов и микроэлементов. Следовательно, оптимальное употребление жиров необходимо для нормального функционирования организма. В настоящее время вместо животных жиров значительное число людей отдадут предпочтение быстрой пище, насыщенной трансжирами (фаст-фуд). При избыточном употреблении одновременно животных жиров и сложных углеводов НЖК активно откладываются «про запас», повышая индекс массы тела (ИМТ), особенно при низкой физической активности, что способствует увеличению атерогенных свойств крови и развитию гипергликемий. Ряд авторов отмечает, что при повышении содержания НЖК в крови снижается интенсивность утилизации глюкозы (цикл Рэндла) с поддержанием или усилением при этом инсулинорезистентности, что активизирует липогенез, повышая скорость формирования жира [1–4].

Несмотря на то что специфические особенности углеводного обмена у северян давно установлены, пути метаболизма НЖК и их взаимодействие с углеводами остаются малоизученными, хотя исследование данного вопроса весьма актуально для выявления риска развития метаболически обусловленных заболеваний, ранее не свойственных жителям Арктики [5–8]. Лица 22–35 лет характеризуются наиболее стабильными эндокринно-метаболическими параметрами и оптимальной адаптацией к неблагоприятным факторам внешней среды [6]. В связи с этим цель настоящего ис-

следования – определить уровень в крови НЖК и метаболитов углеводного обмена и выявить характер взаимосвязей между их содержанием у 22–35-летних жителей Арктики.

**Материалы и методы.** В 2008–2015 годах обследовано 370 человек взрослого населения Арктики, из них 212 – жители Приарктического региона (ПР, приполярные регионы Архангельской области, 64,5° с.ш.), с менее суровыми природными условиями проживания; 158 – жители Арктического региона (АР, пос. Нельмин Нос, с. Несь, д. Совполье, 65,17° – 67,59° с.ш.), с более жесткими природными условиями для жизни. Обследуемыми являлись мужчины и женщины в возрасте от 22 до 35 лет (первый зрелый возраст), постоянно проживающие в ПР и АР, вне периода обострения их хронических заболеваний. Исследования проводили в весенний период. Кровь взята из локтевой вены утром натощак в вакутейнеры фирмы «Veston Dickinson» (США) с согласия обследуемых и в соответствии с требованиями Хельсинской декларации Всемирной Медицинской Ассоциации «Этические принципы проведения медицинских исследований с участием людей в качестве субъектов исследования» (2000 год).

Исследование проводили на базе лаборатории биологической и неорганической химии Института физиологии природных адаптаций Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики РАН. Методом газожидкостной хроматографии с предварительной экстракцией липидов из сыворотки крови [9] и последующим получением метиловых эфиров жирных кислот (ЖК) определяли содержание НЖК: короткоцепочечных (КЦ) –

капроновой ( $C_{6:0}$ ), каприловой ( $C_{8:0}$ ), пеларгоновой ( $C_{9:0}$ ), декановой ( $C_{10:0}$ ), ундециловой ( $C_{11:0}$ ); среднецепочечных (СЦ) – лауриновой ( $C_{12:0}$ ), тридекановой ( $C_{13:0}$ ), миристиновой ( $C_{14:0}$ ), пентадекановой ( $C_{15:0}$ ); длинноцепочечных (ДЦ) – пальмитиновой ( $C_{16:0}$ ), маргариновой ( $C_{17:0}$ ), стеариновой ( $C_{18:0}$ ), арахидиновой ( $C_{20:0}$ ), гентадиновой ( $C_{21:0}$ ), бегеновой ( $C_{22:0}$ ), трикозановой ( $C_{23:0}$ ), лигноцериновой ( $C_{24:0}$ ). Рассчитывали суммы НЖК, КЦ, СЦ и ДЦ. Анализ метиловых производных ЖК проводили на газовом хроматографе «Agilent 7890A» (пламенно-ионизационный детектор, капиллярная колонка «Agilent DB-23»,  $60 \times 0,25 \times 0,15$ , США) в режиме программирования температуры и скорости газоносителя азота. Идентификацию ЖК осуществляли с использованием стандарта «Supelco 37 FAME  $C_4$ - $C_{24}$ » (США). Количественный расчет уровня НЖК проводили методом внутреннего стандарта (нонадекановая кислота) в программе «Agilent ChemStation B.03.01» (США). Уровень глюкозы и лактата в крови определяли на биохимическом анализаторе «МАРС» (Россия) с использованием наборов «Chronolab AG» (Швейцария), уровень пирувата – методом Умбрайтта с 2,4-динитрофенилгидразином, рассчитывали коэффициент Лак/Пир (отношение уровня лактата к уровню пирувата), показывающий степень превалирования анаэробных процессов окисления над аэробными. Кроме того, проводили анкетирование и осмотр с определением роста-весовых показателей, рассчитывали ИМТ.

Статистическую обработку результатов осуществляли при помощи компьютерного пакета прикладных программ SPSS 13.0 с использованием непараметрических методов: критериев Манна–Уитни для выявления разности средних значений и Фишера для выявления различий в частоте встречаемости отклонений от физиологической нормы исследуемых параметров. Для выяснения взаимосвязей между параметрами углеводного обмена и уровнем НЖК использовали корреляционный анализ по Кендаллу (коэффициент  $\tau$ -Кендалла). Для выяснения влияния факторов на гомеостаз

глюкозы и ее метаболитов проводили многофакторный дисперсионный анализ, в котором в качестве независимых переменных (факторов) для жителей ПР и АР были выбраны: ИМТ, пол, уровни отдельных НЖК, суммы КЦ, СЦ и ДЦ. Фактор ИМТ имел следующие градации: 1 – менее 18,5 (дефицит массы тела), 2 – 18,5–24,9 (норма), 3 – 25,0–29,9 (избыточная масса тела), 4 – 30,0–34,9 (высокий, ожирение 1-й степени), 5 – 35,0–39,9 (очень высокий, ожирение 2-й степени), 6 – более 40,0 (чрезвычайно высокий, ожирение 3-й степени); фактор «пол»: 1 – женщины, 2 – мужчины. Зависимыми переменными являлись метаболиты углеводного обмена (уровень глюкозы, лактата, пирувата, коэффициент Лак/Пир). В качестве ковариат использованы переменные, значительно коррелирующие с зависимой переменной, что позволило сделать более очевидным влияние анализируемых факторов. Значимые влияния межгрупповых эффектов отмечали при статистическом уровне различий  $p \leq 0,05$  [10].

**Результаты.** Исследование показало, что средние значения ИМТ у лиц АР значительно выше, чем у представителей ПР ( $p < 0,001$ ) (см. таблицу). Следует отметить, что у 43,08 % жителей АР и 58,56 % жителей ПР ( $p = 0,07$ ) ИМТ соответствовал значениям нормы, у 0,77 и 2,76 % жителей АР и ПР ( $p = 0,21$ ) выявлен дефицит массы тела, а у остальных ИМТ превышал значения нормы и варьировал в зависимости от региона проживания. Так, избыточная масса тела ( $25$ – $29$  кг/м<sup>2</sup>) установлена у 35,38 и 29,28 % лиц АР и ПР ( $p = 0,26$ ), а ожирение 1-й ( $30$ – $34$  кг/м<sup>2</sup>) и 2-й степеней ( $35$  кг/м<sup>2</sup> и выше) – у 15,38 и 5,38 % лиц АР и 6,63 и 2,76 % ПР соответственно ( $p = 0,012$  и  $p = 0,24$ ).

Анализ средних значений выявил, что уровень глюкозы у жителей ПР незначимо выше, чем у лиц АР ( $p = 0,11$ ), а содержание лактата ( $p = 0,002$ ), пирувата ( $p = 0,092$ ) и коэффициент Лак/Пир ( $p = 0,12$ ), наоборот, выше у представителей АР. Вместе с тем аномально низкие концентрации глюкозы были установлены у 6,6 и 18,44 % ( $p = 0,001$ ), пирувата – у 13,68 и 16,43 % ( $p = 0,48$ ) лиц ПР и АР соответствен-

СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ИЗУЧЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У 22–35-ЛЕТНИХ ЖИТЕЛЕЙ ПРИАРКТИЧЕСКОГО (ПР) И АРКТИЧЕСКОГО (АР) РЕГИОНОВ СЕВЕРА РОССИИ

Параметр	Регион	n	M±m	Квартили		p
				25-й	75-й	
<i>Антропометрические данные</i>						
Возраст	ПР	216	29,10±0,28	25,25	33,00	0,74
	АР	143	28,95±0,34	25,00	33,00	
Индекс массы тела (18,5–24,9)*	ПР	181	24,40±0,31	21,18	26,72	<b>0,001</b>
	АР	130	26,38±0,39	22,82	29,16	
<i>Параметры углеводного обмена, моль/л</i>						
Глюкоза (3,9–6,1)	ПР	212	4,71±0,05	4,25	5,14	0,11
	АР	141	4,55±0,07	3,86	5,13	
Пируват (0,03–0,1)	ПР	212	0,034±0,001	2,27	3,54	0,096
	АР	140	0,036±0,001	0,029	0,04	
Лактат (0,44–2,22)	ПР	195	3,02±0,08	0,03	0,04	<b>0,002</b>
	АР	138	3,41±0,10	2,55	3,96	
Лак/Пир (до 75,0 усл. ед.)	ПР	195	95,21±2,52	67,99	116,31	0,12
	АР	138	100,96±3,00	77,83	120,44	
<i>Параметры насыщенных жирных кислот (НЖК), мкг/мл</i>						
Сумма НЖК (0,09–5,54)	ПР	194	506,70±14,57	380,95	575,18	0,471
	АР	132	518,97±16,06	384,20	610,50	
Сумма короткоцепочечных ЖК (до 5,89)	ПР	121	4,54±0,24	2,71	5,74	<b>&lt;0,001</b>
	АР	118	3,62±0,36	1,56	4,25	
Капроновая, C <sub>6:0</sub> (0,09–5,54)	ПР	118	1,69±0,15	0,42	2,65	0,21
	АР	94	2,05±0,34	0,29	1,92	
Каприловая, C <sub>8:0</sub> (0,06–2,02)	ПР	118	0,89±0,05	0,55	1,06	<b>0,038</b>
	АР	98	1,30±0,17	0,35	0,99	
Пеларгоновая, C <sub>9:0</sub> (0,56–1,64)	ПР	113	1,18±0,05	0,86	1,41	<b>&lt;0,001</b>
	АР	69	0,75±0,04	0,54	0,92	
Декановая, C <sub>10:0</sub> (0,25–1,83)	ПР	191	0,97±0,04	0,57	1,18	<b>&lt;0,001</b>
	АР	144	0,77±0,06	0,36	0,86	
Ундециловая, C <sub>11:0</sub> (0,068–1,04)	ПР	186	0,50±0,03	0,22	0,59	0,72
	АР	120	0,53±0,05	0,20	0,47	
Сумма среднецепочечных ЖК (до 28,33)	ПР	194	22,21±0,88	14,80	26,58	0,07
	АР	131	20,63±0,92	13,13	24,46	
Лауриновая, C <sub>12:0</sub> (1,13–4,07)	ПР	193	2,62±0,14	1,36	3,23	0,13
	АР	132	2,36±0,19	1,13	2,73	
Тридекановая, C <sub>13:0</sub> (0,092–1,02)	ПР	184	0,74±0,13	0,29	0,59	0,79
	АР	121	0,48±0,03	0,32	0,59	

Окончание таблицы

Параметр	Регион	n	M±m	Квартили		p
				25-й	75-й	
<i>Параметры насыщенных жирных кислот (НЖК), мкг/мл</i>						
Миристиновая, C <sub>14:0</sub> (5,7–28,3)	ПР	194	14,57±0,67	8,76	17,72	0,41
	АР	132	13,89±0,73	8,41	16,88	
Пентадекановая, C <sub>15:0</sub> (1,88–7,92)	ПР	194	3,47±0,12	2,12	4,43	0,72
	АР	132	3,62±0,16	2,48	4,56	
Сумма длинноцепочечных ЖК (до 577,66)	ПР	194	487,38±14,11	364,15	558,24	0,60
	АР	132	471,68±15,18	368,63	586,06	
Пальмитиновая, C <sub>16:0</sub> (217,4–570,3)	ПР	194	347,03±10,82	256,42	403,65	0,62
	АР	132	337,32±11,47	257,63	413,80	
Маргариновая, C <sub>17:0</sub> (2,88–9,17)	ПР	194	4,43±0,13	3,24	5,03	<b>0,005</b>
	АР	132	5,05±0,18	3,60	7,25	
Стеариновая, C <sub>18:0</sub> (83,44–197,16)	ПР	194	124,87±3,14	96,10	144,63	0,99
	АР	132	124,53±3,83	95,03	160,58	
Арахидовая, C <sub>20:0</sub> (0,56–2,86)	ПР	194	1,88±0,07	1,20	2,28	<b>&lt;0,001</b>
	АР	132	1,44±0,07	0,99	1,93	
Генэйкозановая, C <sub>21:0</sub> (0,254–1,11)	ПР	182	0,93±0,06	0,37	1,09	0,89
	АР	128	0,74±0,03	0,57	0,93	
Бегеновая, C <sub>22:0</sub> (0,10–2,22)	ПР	191	1,52±0,07	0,84	2,06	<b>0,001</b>
	АР	131	1,17±0,08	0,60	1,70	
Трикозановая, C <sub>23:0</sub> (0,28–2,46)	ПР	174	0,63±0,02	0,40	0,80	0,86
	АР	116	0,69±0,04	0,43	0,93	
Лигноцериновая, C <sub>24:0</sub> (0,46–4,73)	ПР	186	1,11±0,06	0,59	1,38	0,67
	АР	130	1,12±0,07	0,57	1,52	

*Примечания:* 1. Обозначения: n – количество обследуемых; M±m – среднее значение показателя и его среднее отклонение; p – уровень значимости различий; \* – в скобках указаны значения параметров в норме. 2. Полужирным шрифтом выделены значимые различия между параметрами углеводного и жирового обмена у лиц ПР и АР (p ≤ 0,05).

но, а высокие уровни глюкозы – лишь у 6,13 и 6,38 %, лактата – у 85,13 и 91,3 % (p = 0,09) жителей ПР и АР соответственно. При этом высокие значения коэффициента Лак/Пир были отмечены у 72,31 % лиц ПР и у 79,0 % лиц АР (p = 0,016), что свидетельствует о преобладании в организме жителей обоих регионов анаэробных процессов над аэробными, особенно у лиц АР.

Известно, что НЖК пищи делятся на КЦ (4–11 атомов С), СЦ (12–15) и ДЦ (16 и более) [11, 12]. Выявлено незначительное повышение

суммы НЖК у представителей ПР относительно АР (p = 0,74), с аномально высокими уровнями у 9,28 % лиц ПР и 6,06 % жителей АР (p = 0,29). Индивидуальный анализ отдельных КЦ ЖК показал, что содержание C<sub>6:0</sub> и C<sub>8:0</sub> у лиц ПР значимо ниже, чем у лиц АР (p = 0,02 и p = 0,038), частота встречаемости аномально высоких уровней C<sub>6:0</sub> и C<sub>8:0</sub> больше у жителей АР (9,57 и 21,43 % соответственно), чем у лиц ПР (4,24 и 6,78 %) (p = 0,12 и p = 0,002). При оценке C<sub>9:0</sub> и C<sub>10:0</sub> значи-

мо повышенный их уровень был отмечен у лиц ПР относительно АР ( $p < 0,001$  и  $p < 0,001$ ), а по содержанию  $C_{11:0}$  значимых различий у представителей ПР и АР не выявлено ( $p = 0,72$ ). При этом отклонений от нормы в сторону аномально низких значений  $C_{9:0}$  было больше у жителей АР (17,39 % против 3,53 % у лиц ПР,  $p < 0,001$ ), а в сторону высоких – у жителей ПР (25,66 % против 2,9 % у лиц АР,  $p < 0,001$ ). Кроме того, у жителей АР в содержании  $C_{10:0}$  был отмечен дисбаланс: у 6,3 % лиц – низкие и у 11,02 % – высокие значения, а у жителей ПР – лишь высокие в 11,52 %. Вместе с тем частота встречаемости высоких уровней  $C_{11:0}$  у жителей обоих регионов была одинаковой – 13,44 и 14,17 % ( $p = 0,85$ ) в ПР и АР соответственно.

Корреляционный анализ показал, что на тенденцию к снижению уровня глюкозы с большей встречаемостью аномально низких ее значений у жителей АР значимое влияние оказывали повышенные уровни  $C_{6:0}$  ( $r = -0,26$ ,  $p = 0,006$ ),  $C_{8:0}$  ( $r = -0,25$ ,  $p = 0,008$ ) и  $C_{11:0}$  ( $r = -0,20$ ,  $p = 0,016$ ). Кроме того, КЦ ЖК, пределы колебаний которых расширены ( $C_{10:0}$ ) или смещены в сторону низких значений ( $C_{9:0}$ ), не оказывали значимого влияния на содержание глюкозы. При этом на тенденцию к увеличению уровня пирувата в корреляционных взаимосвязях этой группы отмечено влияние почти всех рассматриваемых нами КЦ ЖК ( $r = 0,24-0,27$ ,  $0,001 < p \leq 0,01$ ), за исключением  $C_{11:0}$ , а на значимое повышение концентрации лактата и тенденцию к увеличению Лак/Пир – влияние  $C_{6:0}$  ( $r = 0,6$ ,  $p < 0,001$  и  $r = 0,29$ ,  $p = 0,003$ ) и  $C_{8:0}$  ( $r = 0,61$ ,  $p < 0,001$  и  $r = 0,26$ ,  $p = 0,005$ ). В ПР корреляционная структура взаимосвязей между показателями углеводного обмена и КЦ ЖК менее насыщена и отражает взаимосвязь лишь уровня лактата, коэффициента Лак/Пир с содержанием  $C_{6:0}$  ( $r = 0,19$ ,  $p = 0,05$  и  $r = 0,27$ ,  $p = 0,005$ ) и уровня  $C_{9:0}$  со значением Лак/Пир ( $r = 0,20$ ,  $p = 0,046$ ).

Сумма СЦ ЖК у жителей ПР значимо выше ( $p = 0,007$ ), чем у лиц АР (см. таблицу). Индивидуальный анализ показал, что содержание

$C_{12:0}$  у лиц ПР было незначимо выше, чем у представителей АР ( $p = 0,13$ ), предел колебаний ее значений был расширен относительно нормы в обоих регионах – как в сторону высоких, особенно у лиц ПР (15,54 % в ПР и 11,36 % в АР,  $p = 0,28$ ), так и низких значений, особенно в АР (9,33 % в ПР и 16,67 % в АР,  $p = 0,048$ ). В содержании  $C_{13:0}$ ,  $C_{14:0}$  и  $C_{15:0}$  значимых различий у участников исследования не выявлено ( $p = 0,78$ ,  $p = 0,41$  и  $p = 0,72$  соответственно). При этом аномально высокие уровни  $C_{13:0}$  у лиц ПР отмечены в 9,78 %, у лиц АР – в 10,74 % ( $p = 0,76$ ) и аномально низкие уровни  $C_{15:0}$  – у 9,28 и 7,58 % жителей ПР и АР ( $p = 0,59$ ).

Корреляционный анализ показал, что у лиц АР незначимое снижение уровня  $C_{12:0}$  оказывало стимулирующее влияние на содержание пирувата ( $r = 0,36$ ,  $p < 0,001$ ), а тенденция к снижению содержания  $C_{13:0}$  – ингибирующее влияние на уровень глюкозы ( $r = -0,27$ ,  $p = 0,001$ ). У жителей ПР, наоборот, незначимое повышение  $C_{13:0}$  стимулировало уровень глюкозы ( $r = 0,27$ ,  $p < 0,001$ ) и анаэробные процессы ( $r = 0,23$ ,  $p = 0,003$ ) ингибировали образование пирувата ( $r = -0,22$ ,  $p = 0,003$ ). При незначительном расширении пределов колебаний  $C_{14:0}$  в крови у лиц обоих регионов слабая связь ее содержания с уровнем пирувата отмечена у представителей ПР ( $r = 0,22$ ,  $p = 0,002$ ), а сильная – у лиц АР ( $r = 0,52$ ,  $p < 0,001$ ). Кроме того, у жителей АР выявлена прямая зависимость уровней глюкозы ( $r = 0,18$ ,  $p = 0,029$ ) и пирувата ( $r = 0,17$ ,  $p = 0,041$ ), обратная – коэффициента Лак/Пир ( $r = -0,22$ ,  $p = 0,008$ ) и содержания  $C_{15:0}$ .

Установлено незначимое повышение суммы ДЦ ЖК (см. таблицу) у жителей ПР относительно АР ( $p = 0,6$ ) при одинаковой частоте встречаемости аномально высоких значений у лиц ПР и АР (33,5 и 35,6 %,  $p = 0,69$ ). По уровню  $C_{16:0}$ ,  $C_{18:0}$ ,  $C_{21:0}$ ,  $C_{23:0}$  и  $C_{24:0}$  у жителей ПР и АР значимых различий не выявлено. Вместе с тем в содержании  $C_{16:0}$  и  $C_{18:0}$  установлен дисбаланс у лиц ПР и АР: ниже нормы ( $C_{16:0}$  – в 7,21 и 8,33 %,  $p = 0,71$ ;  $C_{18:0}$  – в 6,18 и 11,36 %,  $p = 0,09$ ), выше нормы ( $C_{16:0}$  – в 9,28 и 6,06 %,  $p = 0,09$ ), выше нормы ( $C_{16:0}$  – в 9,28 и 6,06 %,  $p = 0,09$ ), выше нормы ( $C_{16:0}$  – в 9,28 и 6,06 %,  $p = 0,09$ ).

$p = 0,29$ ;  $C_{18:0}$  – в 9,28 и 11,36 %,  $p = 0,54$ ); в содержании  $C_{21:0}$  – лишь аномально высокие значения у 27,47 и 11,72 % лиц ПР и АР ( $p = 0,001$ ) и в уровне  $C_{24:0}$  – только аномально низкие у 11,83 и 3,84 % соответственно ( $p = 0,01$ ). Содержание  $C_{20:0}$  и  $C_{22:0}$  у жителей ПР было значимо выше, чем у лиц АР ( $p < 0,001$  и  $p = 0,001$ ), а  $C_{17:0}$  – ниже ( $p = 0,005$ ). При этом частота значений  $C_{20:0}$  и  $C_{22:0}$  выше нормы у лиц ПР была больше, чем у представителей АР (36,6 и 18,94 %,  $p = 0,001$ ; 26,7 и 12,21 %,  $p = 0,002$ ).

Согласно результатам корреляционного анализа в поддержании уровня глюкозы у жителей обоих регионов ДЦ ЖК играли незначительную роль. При этом у представителей АР на тенденцию к снижению уровня глюкозы в корреляционных взаимосвязях отмечено влияние лишь уровня  $C_{18:0}$  ( $r = 0,18$ ,  $p = 0,03$ ), а у лиц ПР значимых взаимосвязей не выявлено. Кроме того, у жителей АР содержание  $C_{22:0}$ , пределы колебаний которого смещены в сторону высоких значений, не оказывало значимого влияния на уровни метаболитов углеводного обмена, а у лиц ПР уровень  $C_{24:0}$ , пределы колебаний которого смещены в сторону низких значений, оказывал ингибирующее влияние на коэффициент Лак/Пир ( $r = -0,19$ ,  $p = 0,013$ ). При этом у лиц АР уровни  $C_{16:0}$  ( $r = 0,49$ ,  $p < 0,001$ ),  $C_{17:0}$  ( $r = 0,17$ ,  $p = 0,04$ ),  $C_{18:0}$  ( $r = 0,37$ ,  $p < 0,001$ ),  $C_{20:0}$  ( $r = 0,30$ ,  $p < 0,001$ ), а у лиц ПР – уровни  $C_{16:0}$  ( $r = 0,23$ ,  $p = 0,001$ ) и  $C_{18:0}$  ( $r = 0,16$ ,  $p = 0,03$ ) оказывали прямое влияние на тенденцию к снижению содержания пирувата и  $C_{21:0}$  и на повышение уровня лактата ( $r = -0,17$  и  $r = -0,18$ ,  $p = 0,03$  и  $p = 0,033$ ). Повышенная активность анаэробных процессов у лиц АР связана с влиянием уровня  $C_{16:0}$  ( $r = -0,21$ ,  $p = 0,01$ ),  $C_{17:0}$  ( $r = -0,25$ ,  $p = 0,002$ ),  $C_{18:0}$  ( $r = -0,25$ ,  $p = 0,003$ ), а у жителей ПР – с влиянием содержания  $C_{16:0}$  ( $r = -0,19$ ,  $p = 0,011$ ),  $C_{18:0}$  ( $r = -0,18$ ,  $p = 0,016$ ),  $C_{21:0}$  ( $r = -0,23$ ,  $p = 0,003$ ),  $C_{24:0}$  ( $r = -0,19$ ,  $p = 0,013$ ).

Результаты дисперсионного анализа в основном повторяли результаты корреляционного, но с некоторыми отличиями. Так, у представителей ПР на тенденцию к повышению

уровня глюкозы оказывал влияние ИМТ совместно с содержанием КЦ ЖК –  $C_{10:0}$  ( $\eta^2 = 0,13$ ,  $p = 0,034$ ),  $C_{11:0}$  ( $\eta^2 = 0,11$ ,  $p = 0,027$ ); СЦ ЖК –  $C_{13:0}$  ( $\eta^2 = 0,11$ ,  $p = 0,015$ ),  $C_{14:0}$  ( $\eta^2 = 0,11$ ,  $p = 0,045$ ),  $C_{15:0}$  ( $\eta^2 = 0,15$ ,  $p = 0,004$ ); ДЦ ЖК –  $C_{16:0}$  ( $\eta^2 = 0,13$ ,  $p = 0,01$ ),  $C_{17:0}$  ( $\eta^2 = 0,095$ ,  $p = 0,03$ ),  $C_{20:0}$  ( $\eta^2 = 0,11$ ,  $p = 0,045$ ),  $C_{21:0}$  ( $\eta^2 = 0,13$ ,  $p = 0,026$ ), а также комплексы ИМТ $\times$ пол $\times$  $C_{16:0}$  ( $\eta^2 = 0,086$ ,  $p = 0,026$ ) и пол $\times$  $C_{13:0}$  ( $\eta^2 = 0,047$ ,  $p = 0,038$ ). У лиц АР на тенденцию к снижению уровня глюкозы оказывали влияние уровни тех же НЖК, что и в корреляционном анализе: КЦ –  $C_{8:0}$  ( $\eta^2 = 0,15$ ,  $p = 0,003$ ),  $C_{11:0}$  ( $\eta^2 = 0,21$ ,  $p < 0,001$ ); СЦ –  $C_{13:0}$  ( $\eta^2 = 0,11$ ,  $p = 0,004$ ); ДЦ –  $C_{18:0}$  ( $\eta^2 = 0,11$ ,  $p = 0,004$ ). Помимо перечисленных НЖК в тенденцию к снижению уровня глюкозы существенный вклад вносил уровень КЦ –  $C_{9:0}$  ( $\eta^2 = 0,15$ ,  $p = 0,003$ ), менее значимый – уровень ДЦ:  $C_{16:0}$  ( $\eta^2 = 0,064$ ,  $p = 0,04$ ),  $C_{17:0}$  ( $\eta^2 = 0,11$ ,  $p = 0,003$ ),  $C_{21:0}$  ( $\eta^2 = 0,067$ ,  $p = 0,045$ ),  $C_{22:0}$  ( $\eta^2 = 0,084$ ,  $p = 0,015$ ),  $C_{24:0}$  ( $\eta^2 = 0,096$ ,  $p = 0,007$ ), а также комплекс пол $\times$  $C_{18:0}$  ( $\eta^2 = 0,084$ ,  $p = 0,016$ ).

У представителей ПР, в отличие от корреляционных взаимосвязей, на тенденцию к снижению уровня пирувата наибольшее влияние оказывали комплексы факторов ИМТ с уровнями КЦ ЖК –  $C_{6:0}$  ( $\eta^2 = 0,21$ ,  $p = 0,006$ ),  $C_{8:0}$  ( $\eta^2 = 0,2$ ,  $p = 0,006$ ),  $C_{9:0}$  ( $\eta^2 = 0,23$ ,  $p = 0,004$ ),  $C_{10:0}$  ( $\eta^2 = 0,32$ ,  $p < 0,001$ ), СЦ –  $C_{14:0}$  ( $\eta^2 = 0,26$ ,  $p < 0,001$ ),  $C_{15:0}$  ( $\eta^2 = 0,28$ ,  $p < 0,001$ ) и ДЦ –  $C_{16:0}$  ( $\eta^2 = 0,26$ ,  $p < 0,001$ ),  $C_{17:0}$  ( $\eta^2 = 0,26$ ,  $p < 0,001$ ),  $C_{18:0}$  ( $\eta^2 = 0,25$ ,  $p < 0,001$ ), а наименьшее – отдельно содержание  $C_{20:0}$  ( $\eta^2 = 0,04$ ,  $p = 0,04$ ). У представителей АР, наоборот, на тенденцию к повышению уровня пирувата с наименьшим вкладом индивидуально влияли концентрации почти всех рассмотренных нами НЖК: КЦ –  $C_{8:0}$  ( $\eta^2 = 0,09$ ,  $p = 0,042$ ),  $C_{11:0}$  ( $\eta^2 = 0,08$ ,  $p = 0,022$ ); СЦ –  $C_{13:0}$  ( $\eta^2 = 0,12$ ,  $p = 0,002$ ),  $C_{14:0}$  ( $\eta^2 = 0,09$ ,  $p = 0,009$ ); ДЦ –  $C_{16:0}$  ( $\eta^2 = 0,08$ ,  $p = 0,019$ ),  $C_{18:0}$  ( $\eta^2 = 0,06$ ,  $p = 0,047$ ),  $C_{20:0}$  ( $\eta^2 = 0,07$ ,  $p = 0,029$ ),  $C_{22:0}$  ( $\eta^2 = 0,08$ ,  $p = 0,014$ ),  $C_{23:0}$  ( $\eta^2 = 0,11$ ,  $p = 0,005$ ), а также комплекс пол $\times$  $C_{8:0}$  ( $\eta^2 = 0,09$ ,  $p = 0,042$ ), а с наибольшим – комплексы ИМТ $\times$  $C_{16:0}$  ( $\eta^2 = 0,24$ ,

$p < 0,001$ ) и ИМТ $\times$ пол $\times$ C<sub>18:0</sub> ( $\eta^2 = 0,21$ ,  $p = 0,004$ ). При этом на повышение уровня лактата у лиц АР наибольшее влияние оказывали отдельно содержания КЦ ЖК: C<sub>6:0</sub> ( $\eta^2 = 0,45$ ,  $p < 0,001$ ), C<sub>8:0</sub> ( $\eta^2 = 0,43$ ,  $p < 0,001$ ), а наименьшее – СЦ ЖК: C<sub>14:0</sub> ( $\eta^2 = 0,08$ ,  $p = 0,021$ ), C<sub>15:0</sub> ( $\eta^2 = 0,09$ ,  $p = 0,014$ ); ДЦ: C<sub>20:0</sub> ( $\eta^2 = 0,08$ ,  $p = 0,016$ ), C<sub>21:0</sub> ( $\eta^2 = 0,07$ ,  $p = 0,044$ ), C<sub>22:0</sub> ( $\eta^2 = 0,11$ ,  $p = 0,004$ ), C<sub>24:0</sub> ( $\eta^2 = 0,09$ ,  $p = 0,01$ ), а также комплексы ИМТ $\times$ C<sub>15:0</sub> ( $\eta^2 = 0,16$ ,  $p = 0,021$ ) и ИМТ $\times$ C<sub>16:0</sub> ( $\eta^2 = 0,15$ ,  $p = 0,021$ ); у жителей ПР – лишь фактор пола ( $\eta^2 = 0,03$ ,  $p = 0,024$ ), уровень C<sub>24:0</sub> ( $\eta^2 = 0,05$ ,  $p = 0,036$ ) и комплекс пол $\times$ C<sub>10:0</sub> ( $\eta^2 = 0,08$ ,  $p = 0,005$ ).

Следует отметить, что у лиц ПР, при меньшей встречаемости высоких значений Лак/Пир, наибольший индивидуальный вклад в его значение вносили уровни C<sub>6:0</sub> ( $\eta^2 = 0,15$ ,  $p = 0,001$ ), C<sub>21:0</sub> ( $\eta^2 = 0,09$ ,  $p = 0,001$ ), наименьший – C<sub>9:0</sub> ( $\eta^2 = 0,08$ ,  $p = 0,048$ ), C<sub>13:0</sub> ( $\eta^2 = 0,05$ ,  $p = 0,034$ ). У представителей АР, с большей встречаемостью высоких значений Лак/Пир, на этот показатель отдельно влияли уровни КЦ ЖК – C<sub>6:0</sub> ( $\eta^2 = 0,18$ ,  $p = 0,002$ ), C<sub>8:0</sub> ( $\eta^2 = 0,11$ ,  $p = 0,023$ ), C<sub>9:0</sub> ( $\eta^2 = 0,13$ ,  $p = 0,04$ ), СЦ ЖК – C<sub>15:0</sub> ( $\eta^2 = 0,11$ ,  $p = 0,003$ ), ДЦ ЖК – C<sub>16:0</sub> ( $\eta^2 = 0,06$ ,  $p = 0,049$ ), C<sub>17:0</sub> ( $\eta^2 = 0,10$ ,  $p = 0,004$ ), C<sub>24:0</sub> ( $\eta^2 = 0,10$ ,  $p = 0,006$ ), а также комплексы ИМТ $\times$ пол $\times$ C<sub>22:0</sub> ( $\eta^2 = 0,20$ ,  $p = 0,004$ ), ИМТ $\times$ пол $\times$ C<sub>21:0</sub> ( $\eta^2 = 0,13$ ,  $p = 0,018$ ), ИМТ $\times$ пол $\times$ C<sub>12:0</sub> ( $\eta^2 = 0,12$ ,  $p = 0,046$ ) и пол $\times$ C<sub>11:0</sub> ( $\eta^2 = 0,11$ ,  $p = 0,009$ ).

**Обсуждение.** Проблема сохранения здоровья человека в условиях Арктики определяет необходимость изучения как метаболических, так и антропометрических показателей, в частности ИМТ – фактора риска развития метаболического синдрома (МС), выраженность которого зависит от избыточной массы тела и степени ожирения [5, 11, 13]. Анализ наших данных показал, что у 22–35-летних северян вне зависимости от региона проживания высока встречаемость избыточной массы тела и ожирения 1-й и 2-й степеней. В АР лиц с нормальными значениями массы тела меньше, чем в ПР, для многих характерны избыточная масса и ожирение 1-й и 2-й степеней [4, 13]. У жите-

лей АР, вследствие минимизации углеводного звена в метаболизме при адаптации к более суровым условиям проживания, содержание глюкозы установилось на более низком уровне, что соответствует результатам ранее проведенных исследований [5, 6]. При этом «негативные» последствия адаптации в виде повышенного содержания пирувата, лактата и увеличенного коэффициента Лак/Пир у лиц АР также более выражены, чем в ПР. Развитие признаков гипогликемии у северян, особенно в АР (18,44 % против 6,6 % в ПР), происходит, скорее всего, в результате снижения роли углеводов в энергообеспечении и повышения роли жиров, на что указывает выявленная нашим исследованием более высокая сумма НЖК за счет ДЦ при незначительном снижении уровней КЦ и СЦ, что, вероятно, связано с более активным использованием КЦ и СЦ в качестве энергосубстрата [1, 5, 12]. Выявленные высокие содержания лактата и значения Лак/Пир у лиц обоих регионов, особенно ПР, могут быть обусловлены более частой регистрацией у них в крови высоких уровней КЦ. С одной стороны, этот тип НЖК может быстро окисляться с образованием энергии и кетонных тел, с другой – избыточное их поступление может повышать использование кислорода и усиливать метаболический ацидоз [1, 5]. Рост средних значений уровней C<sub>9:0</sub>, C<sub>10:0</sub> в ПР, C<sub>6:0</sub>, C<sub>8:0</sub> в АР и C<sub>11:0</sub> в равной степени в обоих регионах, вероятно, связан с увеличением активности анаэробного и снижением аэробного метаболизма. Из этого следует, что КЦ ЖК могут выступать маркерами повышения уровня лактата и снижения уровня пирувата у северян, отмеченных нами и другими исследователями [4–6]. Кроме того, выявленные нами дефицитные состояния C<sub>9:0</sub> и C<sub>10:0</sub>, особенно у лиц АР, могут быть факторами, снижающими иммунологические и защитные механизмы организма у северян, изменяя активность микрофлоры и целостность слизистой кишечника [14].

Еще одним фактором, влияющим на уровень глюкозы и ее метаболитов, является содержание СЦ и ДЦ ЖК, способных влиять на  $\beta$ -клетки



поджелудочной железы, изменяя секрецию инсулина [12, 13, 15]. В отличие от ДЦ, СЦ ЖК меньше включаются в состав липопротеинов, что ассоциируется со снижением риска развития соматических заболеваний. СЦ ЖК также привлекают внимание как активная часть диеты, поскольку способность к окислению у них значительно выше, чем их этерификация. При этом абсорбция и перенос СЦ ЖК происходят с венозной кровью, а не с лимфой, как у ДЦ ЖК. Статистически значимых различий в содержании рассматриваемых нами СЦ и ДЦ ЖК у жителей ПР и АР не выявлено. Вместе с тем результаты корреляционного анализа показали зависимость содержания метаболитов углеводного обмена от уровней  $C_{12:0}$ ,  $C_{13:0}$  и  $C_{14:0}$  в крови жителей АР, что может указывать на увеличение у них антиатерогенной защиты и снижение риска развития сахарного диабета второго типа. Результаты оценки ДЦ ЖК показали, что несмотря на более низкие уровни СЦ ЖК у лиц АР частота встречаемости высоких уровней ДЦ ЖК ( $C_{20:0}$ ,  $C_{21:0}$  и  $C_{22:0}$ ) выше, чем в ПР, что подтверждает наличие риска развития соматических заболеваний, ранее не свойственных для них.

Полученные впервые данные свидетельствуют о необходимости дальнейших исследований с целью разработки комплекса мер по коррекции уровня глюкозы и ее метаболитов с учетом индивидуальной реактивности НЖК (КЦ, СЦ и ДЦ) на современном этапе.

Исходя из вышесказанного, можно отметить следующее:

1. Среди 22–35-летних жителей АР меньше лиц с нормальными значениями массы тела, чем в ПР, выше встречаемость избыточной

массы тела и ожирения 1-й и 2-й степеней, что повышает риск развития МС.

2. Тенденции к снижению уровня глюкозы у лиц АР относительно ПР сопровождаются значимым увеличением уровня пирувата, тенденцией к повышению содержания лактата и значения Лак/Пир.

3. Значимое повышение суммы КЦ ЖК у лиц ПР относительно АР сопровождается увеличением уровней  $C_{9:0}$ ,  $C_{10:0}$  и снижением содержания  $C_{6:0}$ ,  $C_{8:0}$ . Частота встречаемости аномально высоких концентраций  $C_{6:0}$  и  $C_{8:0}$  больше у жителей АР,  $C_{9:0}$ ,  $C_{10:0}$  – у лиц ПР, а высоких концентраций  $C_{11:0}$  – в равной степени у лиц обоих регионов.

4. В содержании СЦ ЖК ( $C_{12:0}$ ,  $C_{13:0}$ ,  $C_{14:0}$ ,  $C_{15:0}$ ) у 22–35-летних жителей ПР и АР значимых различий не выявлено, значимое повышение суммы СЦ ЖК у лиц ПР связано с незначительным увеличением уровней  $C_{12:0}$ ,  $C_{13:0}$ .

5. Тенденция к повышению суммы ДЦ ЖК у лиц ПР относительно АР сочетается с увеличением уровня  $C_{20:0}$ ,  $C_{22:0}$ ; в содержании  $C_{16:0}$ ,  $C_{18:0}$ ,  $C_{21:0}$ ,  $C_{23:0}$ ,  $C_{24:0}$  не выявлено значимых различий.

6. На тенденцию к снижению уровня глюкозы в крови у жителей АР, с большей встречаемостью ее аномально низких значений, наибольшее влияние оказывают уровни следующих ЖК: КЦ ( $C_{6:0}$ ,  $C_{8:0}$ ,  $C_{11:0}$ ), затем СЦ ( $C_{13:0}$ ,  $C_{15:0}$ ) и ДЦ ( $C_{18:0}$ ), а у лиц ПР – лишь СЦ ( $C_{13:0}$ ). Повышенная активность анаэробных процессов у представителей АР связана в большей степени с содержанием следующих ЖК: ДЦ ( $C_{16:0}$ ,  $C_{17:0}$ ,  $C_{18:0}$ ), затем КЦ ( $C_{6:0}$ ,  $C_{8:0}$ ) и СЦ ( $C_{15:0}$ ), а у лиц ПР – в большей степени с уровнем ДЦ ( $C_{16:0}$ ,  $C_{18:0}$ ,  $C_{21:0}$ ,  $C_{24:0}$ ) и в равной степени с содержанием КЦ ( $C_{9:0}$ ) и СЦ ( $C_{13:0}$ ).

## Список литературы

1. Титов В.Н., Лисицын Д.М. Жирные кислоты. Физическая химия, биология и медицина. М., 2006. 670 с.
2. Бахтина З.Э., Стрелкова А.В., Бичкаева Ф.А., Зыкова Т.А. Особенности метаболизма глюкозы в условиях пищевого стресса у молодых женщин с функциональной гиперандрогенией г. Архангельска // Экология человека. 2006. № 4. С. 16–19.

3. *Титов В.Н.* Фундаментальная медицина: функциональная роль инсулина как фактора обеспечения энергией биологической функции локомоции // *Клин. лаб. диагностика*. 2004. № 9. С. 75а–75.
4. *Бичкаева Ф.А., Жилина Л.П., Власова О.С., Третьякова Т.В.* Резервные возможности эндокринно-метаболических показателей у жителей Европейского Севера в условиях глюкозотолерантного теста в зависимости от фотопериода // *Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова*. 2009. Т. 95, № 4. С. 417–429.
5. *Бичкаева Ф.А.* Эндокринная регуляция метаболических процессов у человека на Севере. Екатеринбург, 2008. 303 с.
6. *Ткачев А.В., Бойко Е.Р., Губкина З.Д., Раменская Е.Б., Суханов С.Г.* Эндокринная система и обмен веществ у человека на Севере. Сыктывкар, 1992. 156 с.
7. *Матаев С.И., Василькова Т.Н.* Метаболический синдром на Крайнем Севере. Тюмень, 2011. 131 с.
8. *Чанчаева Е.А.* К вопросу об адекватности питания аборигенного населения Сибири. Обзор литературы // *Экология человека*. 2010. № 3. С. 31–34.
9. *Folch J., Lees M., Sloane Stanley G.H.* A Simple Method for the Isolation and Purification of Total Lipids from Animal Tissues // *J. Biol. Chem.* 1957. Vol. 226, № 1. P. 497–509.
10. *Наследов А.Д.* SPSS 15: профессиональный статистический анализ данных. СПб., 2008. 416 с.
11. *Бичкаева Ф.А., Туписова Е.В., Бичкаев А.А.* Особенности жирно-кислотного состава и гормонов поджелудочной железы у аборигенного и местного русского населения Заполярья // *Вестн. Урал. мед. акад. науки*. 2014. № 2. С. 116–119.
12. *Титов В.Н.* Среднепечочечные жирные кислоты: содержание в пище, физиология, особенности метаболизма и применение в клинике // *Вопр. питания*. 2012. Т. 81, № 6. С. 27–36.
13. *Гинзбург М.М., Козуница Г.С., Крюков Н.Н.* Ожирение и метаболический синдром. Влияние на состояние здоровья, профилактика и лечение. Самара, 1999. URL: [http://www.tinlib.ru/zdorove/ozhirenie\\_i\\_metabolicheskii\\_sindrom\\_vliyanie\\_na\\_sostojanie\\_zdorovja\\_profilaktika\\_i\\_lechenie/p1.php](http://www.tinlib.ru/zdorove/ozhirenie_i_metabolicheskii_sindrom_vliyanie_na_sostojanie_zdorovja_profilaktika_i_lechenie/p1.php) (дата обращения: 06.04.2017).
14. *Добродеева Л.К., Бичкаева Ф.А., Туписова Е.В., Поскотинова Л.В., Губкина З.Д.* Экологическая зависимость физиологических функций человека. Архангельск, 2006. 299 с.
15. *Hoeks J., Mensink M., Hesselink M.K., Ekroos K., Schrauwen P.* Long- and Medium-Chain Fatty Acids Induce Insulin Resistance to a Similar Extent in Humans Despite Marked Differences in Muscle Fat Accumulation // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2012. Vol. 97, № 1. P. 208–216.

## References

1. *Titov V.N., Lisitsyn D.M. Zhirnye kisloty. Fizicheskaya khimiya, biologiya i meditsina* [Fatty Acids. Physical Chemistry, Biology and Medicine]. Moscow, 2006. 670 p.
2. *Bakhtina Z.E., Strelkova A.V., Bichkaeva F.A., Zykova T.A.* Osobennosti metabolizma glyukozy v usloviyakh pishchevogo stressa u molodykh zhenshchin s funktsional'noy giperandrogeniey g. Arkhangel'ska [Features of Glucose Metabolism in Conditions of Alimentary Stress in Young Women with Functional Hyperandrogeny in Arkhangelsk]. *Ekologiya cheloveka*, 2006, no. 4, pp. 16–19.
3. *Titov V.N.* Fundamental'naya meditsina: funktsional'naya rol' insulina kak faktora obespecheniya energiy biologicheskoy funktsii lokomotsii [Fundamental Medicine: Functional Role of Insulin as a Factor of Supply with Energy of Biological Locomotion Function]. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika*, 2004, no. 9, pp. 75a–75.
4. *Bichkaeva F.A., Zhilina L.P., Vlasova O.S., Tret'yakova T.V.* Rezervnye vozmozhnosti endokrinno-metabolicheskikh pokazateley u zhiteley Evropeyskogo Severa v usloviyakh glyukozotolerantnogo testa v zavisimosti ot fotoperioda [Reserve Capacities of Endocrine-Metabolic Parameters in the Inhabitants of the European North During the Glucose-Tolerance Test Depending on the Photoperiod]. *Rossiyskiy fiziologicheskiy zhurnal im. I.M. Sechenova*, 2009, vol. 95, no. 4, pp. 417–429.
5. *Bichkaeva F.A.* *Endokrinnyaya regulyatsiya metabolicheskikh protsessov u cheloveka na Severe* [Endocrine Regulation of Metabolic Processes in Humans in the North]. Yekaterinburg, 2008. 303 p.
6. *Tkachev A.V., Boyko E.R., Gubkina Z.D., Ramenskaya E.B., Sukhanov S.G.* *Endokrinnyaya sistema i obmen veshchestv u cheloveka na Severe* [The Endocrine System and Metabolism in Humans Living in the North]. Syktyvkar, 1992. 156 p.

7. Mataev S.I., Vasil'kova T.N. *Metabolicheskiy sindrom na Kraynem Severe* [Metabolic Syndrome in the Far North]. Tyumen, 2011. 131 p.

8. Chanchaeva E.A. K voprosu ob adekvatnosti pitaniya aborigennogo naseleniya Sibiri. Obzor literatury [To the Issue of the Adequacy of Nutrition of Siberian Aboriginal Population. Literature Review]. *Ekologiya cheloveka*, 2010, no. 3, pp. 31–34.

9. Folch J., Lees M., Sloane Stanley G.H. A Simple Method for the Isolation and Purification of Total Lipids from Animal Tissues. *J. Biol. Chem.*, 1957, vol. 226, no. 1, pp. 497–509.

10. Nasledov A.D. *SPSS 15: professional'nyy statisticheskiy analiz dannykh* [SPSS 15: Professional Statistical Analysis of Data]. St. Petersburg, 2008. 416 p.

11. Bichkaeva F.A., Tipisova E.V., Bichkaev A.A. Osobennosti zhirno-kislotnogo sostava i gormonov podzheludochnoy zhelezy u aborigennogo i mestnogo russkogo naseleniya Zapolyar'ya [Aspects of Fatty Acid Profile and Pancreatic Hormones in Aboriginal and Local Russian Population from Polar Region]. *Vestnik Ural'skoy meditsinskoy akademicheskoy nauki*, 2014, no. 2, pp. 116–119.

12. Titov V.N. Srednetsepochechnye zhirnye kisloty: sodержание v pishche, fiziologiya, osobennosti metabolizma i primeneniye v klinike [Middle-Chain Fatty Acids: Their Dietary Content, Physiology, Specific Metabolism and Clinical Application]. *Voprosy pitaniya*, 2012, vol. 81, no. 6, pp. 27–36.

13. Ginzburg M.M., Kozupitsa G.S., Kryukov N.N. *Ozhirenie i metabolicheskiy sindrom. Vliyanie na sostoyanie zdorov'ya, profilaktika i lechenie* [Obesity and Metabolic Syndrome. Their Effect on Health, Prevention and Treatment]. Samara, 1999. Available at: [http://www.tinlib.ru/zdorove/ozhirenie\\_i\\_metabolicheskii\\_sindrom\\_vliyanie\\_na\\_sostojanie\\_zdorovja\\_profilaktika\\_i\\_lechenie/p1.php](http://www.tinlib.ru/zdorove/ozhirenie_i_metabolicheskii_sindrom_vliyanie_na_sostojanie_zdorovja_profilaktika_i_lechenie/p1.php) (accessed 6 April 2017).

14. Dobrodeeva L.K., Bichkaeva F.A., Tipisova E.V., Poskotinova L.V., Gubkina Z.D. *Ekologicheskaya zavisimost' fiziologicheskikh funktsiy cheloveka* [Dependence of Human Physiological Functions on the Environment]. Arkhangelsk, 2006. 299 p.

15. Hoeks J., Mensink M., Hesselink M.K., Ekroos K., Schrauwen P. Long- and Medium-Chain Fatty Acids Induce Insulin Resistance to a Similar Extent in Humans Despite Marked Differences in Muscle Fat Accumulation. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 2012, vol. 97, no. 1, pp. 208–216.

DOI: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.2.44

*Artem A. Bichkaev*\*/\*\*, *Fatima A. Bichkaeva*\*, *Natal'ya I. Volkova*\*/\*\*,  
*Tat'yana V. Tret'yakova*\*, *Ol'ga S. Vlasova*\*, *Ekaterina V. Nesterova*\*,  
*Boris A. Shengof*\*/\*\*, *Nina F. Baranova*\*

\*Federal Research Centre for Integrated Studies of the Arctic,  
Russian Academy of Sciences (Arkhangelsk, Russian Federation)

\*\*Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov  
(Arkhangelsk, Russian Federation)

## THE RATIO OF BLOOD LEVELS OF SATURATED FATTY ACIDS AND METABOLITES OF CARBOHYDRATE METABOLISM IN RESIDENTS OF THE ARCTIC AGED 22–35 YEARS

The study involved 370 adults from the Subarctic (SR) and Arctic (AR) regions of the European North of Russia aged between 22 and 35 years. The parameters of serum carbohydrate metabolism, level of saturated fatty acids (SAFA) and body mass index (BMI) were determined. Using the correlation and variance analysis we identified the dependence of the parameters of carbohydrate metabolism

on the concentration of short- (SC), medium- (MC) and long-chain (LC) SAFA in the blood of SR and AR inhabitants. It was proven that in SR residents the prime factor of increasing glucose level is BMI in combination with decanoic and undecylic ( $C_{11:0}$ ) SC SAFA, tridecanoic ( $C_{13:0}$ ), myristic and pentadecanoic MC, palmitic ( $C_{16:0}$ ), heptadecanoic, arachidic and heneicosanoic ( $C_{21:0}$ ) LC SAFA (10–15 %), as well as a set of factors  $BMI \times sex \times C_{16:0}$  and  $sex \times C_{13:0}$  (5.0–8.6 %). In AR residents the largest effect on the decrease in glucose level was produced by caprylic, pelargonic and undecylic SC SAFA (15–21 %), then tridecanoic MC SAFA (11.0 %), and palmitic, heptadecanoic, stearic ( $C_{18:0}$ ), heneicosanoic, behenic ( $C_{22:0}$ ) and lignoceric LC SAFA (6.0–11.0 %); the smallest effect was produced by the complex  $sex \times C_{18:0}$  (8.0 %). A slight decline in the activity of anaerobic processes in SR residents was caused separately by caproic and heneicosanoic SAFA (9.3–15 %), while in AR residents by caproic, caprylic, pelargonic, pentadecanoic, palmitic, heptadecanoic and lignoceric SAFA (10.4–18.1 %) and complexes  $BMI \times sex \times C_{22:0}$  (20.0 %),  $BMI \times sex \times C_{21:0}$ ,  $BMI \times sex \times C_{12:0}$ , and  $sex \times C_{11:0}$  (11–13 %).

**Keywords:** saturated fatty acids; short-, medium- and long-chain fatty acids; metabolites of carbohydrate metabolism; body mass index; adult residents of the Subarctic region, adult residents of the Arctic region.

Поступила 05.11.2016  
Received 5 November 2016

---

**Corresponding author:** Fatima Bichkaeva, *address:* prosp. Lomonosova 249, Arkhangelsk, 163061, Russian Federation; *e-mail:* fatima@ifpa.uran.ru

**For citation:** Bichkaev A.A., Bichkaeva F.A., Volkova N.I., Tret'yakova T.V., Vlasova O.S., Nesterova E.V., Shengof B.A., Baranova N.F. The Ratio of Blood Levels of Saturated Fatty Acids and Metabolites of Carbohydrate Metabolism in Residents of the Arctic Aged 22–35 Years. *Journal of Medical and Biological Research*, 2017, vol. 5, no. 2, pp. 44–55. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.2.44