

©АВЕРЬЯНОВА И.В., 2018

УДК 612.122/.123-053.67-074(571.65)

Аверьянова И.В.

ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАБОЛИЗМА ЛИПИДОВ И УГЛЕВОДОВ У ЮНОШЕЙ СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

ФГБУН Научно-исследовательский центр «Арктика» ДВО РАН, 685000, Магадан, Россия;
ФГБОУ ВО «Северо-Восточный Государственный университет», 685000, Магадан, Россия

Цель работы – оценка возрастной динамики биохимических показателей у юношей, постоянных жителей Магаданской области. Материал и методы. Проведено исследование показателей липидов и глюкозы в крови у 174 юношей Магаданской области в возрастной период с 17 лет до 20–21 года. Определение основных показателей липидного и углеводного профиля было проведено с использованием портативного биохимического экспресс-анализатора CardioChek PA (США) путём анализа капиллярной крови, взятой в утренние часы натощак из пальца спустя 10–12 ч после последнего приёма пищи. Для составления математических моделей возрастных изменений основных показателей липидно-углеводного профиля проведён анализ, в результате которого получены регрессионные уравнения, описывающие взаимосвязи между показателями общего холестерина (ОХС), липопротеидов низкой плотности (ЛПНП), липопротеидов высокой плотности (ЛПВП), уровня гликемии и возрастными характеристиками обследуемых. Заключение. Характер полученных изменений большинства изучаемых показателей биохимического профиля указывает на наличие возрастных сдвигов в область их увеличения уже в юношеском периоде онтогенеза. Установлено, что значения показателей липидного профиля в изучаемых группах не выходили за границы принятых референтных значений, но приближались к нижней границе нормы. При оценке метаболизма углеводов у юношей г. Магадана выявлено, что у представителей всех возрастных групп данный показатель находился на верхней границе референтного интервала нормогликемии с увеличением в старшей возрастной группе. При этом выявлен весьма значительный процент юношей с гипергликемическими проявлениями в состоянии углеводного обмена (25–29% в общей выборке обследуемых). Полученные регрессионные модели указывают на наличие значимой возрастной обусловленности увеличения содержания ОХС, ЛПНП, концентрации глюкозы в крови. Значения ЛПВП не подвержены возрастным критериям.

Ключевые слова: юноши; возрастная динамика; углеводно-липидный обмен; регрессионный анализ.

Для цитирования: Аверьянова И.В. Сезонная динамика основных показателей липидного и углеводного обмена у студентов аборигенов и европеоидов Северо-Востока России. *Клиническая лабораторная диагностика*. 2018; 63(3): 159-163. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0869-2084-2018-63-3-159-163>

Averianova I.V.

THE AGE DYNAMICS OF CHARACTERISTICS OF METABOLISM OF LIPIDS AND CARBOHYDRATES IN MALE YOUTHS OF THE NORTH-EAST OF RUSSIA

The Federal State Budget Institution of Science "The research center "Arktika" of the Far-Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 685000, Magadan, Russia

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education Northeastern State University "North-Eastern State University", 685000, Magadan, Russia

The purpose of study is to evaluate age dynamics of biochemical indices in male youths permanently residing in the Magadan oblast.

Material and methods. The study was carried out concerning indices of lipids and glucose in blood of 174 male youths aged from 17 to 20-21 years in the Magadan oblast. The detection of main indices of lipid and carbohydrate profiles was implemented using portable biochemical and carbohydrate express-analyzer CardioChek PA (USA) by analyzing capillary blood sampled from finger on an empty stomach after 10-12 hours after last food intake. The mathematical models of age alterations of main indices of lipid carbohydrate profile were made on the basis of implemented analysis. It resulted in regression equations describing relationships between indices of total cholesterol, low density lipoproteins, high density lipoproteins, level of glycemia and age characteristics of the examined.

Conclusion. The character of alterations of most of analyzed indices of biochemical profile indicates availability of aged shifts to area of their increasing already in youth period of ontogenesis. It is established that values of indices of lipid profile in examined groups were within limits of accepted reference values, approaching the lower limit of the norm. The evaluation of metabolism of carbohydrates in male youths of Magadan established that in representatives of all age groups the given indicator is at the higher limit of reference range normoglycemia with increasing in the elder age group. At that, the study revealed a rather significant percentage of male youths with hyperglycemia manifestations in condition of carbohydrate metabolism (25%-29% in total sampling of the examined). The developed regression models indicate occurrence of a significant age conditionality of increasing of content of total cholesterol, low density lipoproteins, concentration of glucose in blood. The values of high density lipoproteins have no effect of age criteria.

Key words: male youths; age dynamics; carbohydrate lipid metabolism; regression analysis

For citation: Averianova I.V. The age dynamics of characteristics of metabolism of lipids and carbohydrates in male youths of the North-East of Russia. *Klinicheskaya Laboratornaya Diagnostika (Russian Clinical Laboratory Diagnostics)* 2018; 63(3): 159-163. (in Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0869-2084-2018-63-3-159-163>

For correspondence: Averianova I.V., candidate of biological sciences, researcher of the laboratory of physiology of extreme states of the Federal State Budget Institution of Science "The research center "Arktika" of the Far-Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, e-mail: Inessa1382@mail.ru

Для корреспонденции: Аверьянова Инесса Владиславовна, канд. биол. наук, науч. сотр. лаб. физиологии экстремальных состояний; e-mail: Inessa1382@mail.ru

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

Acknowledgment. *The study is performed within the framework of the Presidium RAS program of fundamental research "The search fundamental scientific studies for the benefit of developing the Arctic area of the Russian Federation" (the project "Development of unified social economic and medical biological criteria of evaluating environment discomfort and condition of adaptability of residents of Circumpolar and Arctic regions"). The study was also financed at the expense of the Magadan region Governor grant "The adaptive profile of metabolic and morpho-functional characteristics of migrants, adapters and aborigines of the Magadan oblast".*

Received 01.11.2017
Accepted 11.11.2017

Введение. Известно, что проживание на территории урбанизированных северных регионов приводит к формированию нового уровня функционирования основных систем организма и сопровождается гормонально-метаболической перестройкой и вынужденной адаптацией основных физиологических функций для поддержания гомеостаза. Адаптационные перестройки проявляются формированием «северного» метаболизма, в частности, изменением углеводно-липидного обмена и гормонального статуса [1] у населения, прибывшего для проживания в условиях Северного региона [2]. Динамика биохимических показателей крови характеризует тонкие функциональные изменения состояния органов и гуморальных систем регуляции, при этом эндокринно-метаболический гомеостаз является одним из наиболее чувствительных приспособительных механизмов, отражающих адаптацию к изменениям как внутренней, так и внешней окружающей среды [3].

Студенческая молодежь – одна из представительных демографических групп населения страны, насчитывающая свыше 4 млн человек [4], что заслуживает особого внимания в данном контексте. Во-первых, студенты представляют не только потенциал трудовых ресурсов общества, но и его высококвалифицированный компонент, в значительной мере управленческий. Во-вторых, молодежь является популяционным ресурсом, плохое состояние здоровья которого отрицательно отразится и на последующих поколениях [5]. Помимо этого, данный контингент является наиболее однородной по возрасту, а также по социальным характеристикам частью молодежи, основным видом деятельности которой, определяющим все существующие черты их образа жизни, является учёба, подготовка к будущей трудовой жизни [5].

В связи с этим целесообразным считается изучение показателей биохимического статуса организма в возрастном аспекте на данной возрастной выборке как модельной группе, отражающей все изменения, происходящие под действием факторов окружающей среды, что в дальнейшем даст возможность экстраполировать полученные данные на более взрослые группы населения Северо-Востока России.

Материал и методы. В исследованиях приняли участие 174 юноши в возрасте от 17 лет до 21 года, обучающиеся в Северо-Восточном государственном университете (г. Магадан). Все полученные данные по возрастному критерию были разделены на четыре группы: 1-ю составили данные юношей 17 лет ($n = 28$), 2-ю – 18 лет ($n = 72$), 3-ю – 19 лет ($n = 42$) и 4-ю – данные юношей 20–21 года ($n = 32$). Масса тела (МТ) и индекс массы тела (ИМТ) у 17-летних юношей составили соответственно $68,0 \pm 0,4$ кг и $21,1 \pm 0,2$ кг/м², у 18-летних обследуемых – $68,9 \pm 0,5$ кг и $21,5 \pm 0,3$ кг/м², у 19-летних – $70,4 \pm 0,7$ кг и $22,1 \pm 0,2$ кг/м². Молодые люди 20–21 года характеризовались наибольшими значениями соматометрических характеристик: ИМТ – $23,1 \pm 0,3$ кг/м², МТ – $72,1 \pm 0,7$ кг. Все лица, входящие в выборку, были постоянными жителями области и на момент обследования более 6 мес являлись студентами университета с очной формой обучения и характеризовались сопоставимыми условиями жизни и рационом питания. Содержание глюкозы (в ммоль/л), общего холестерина – ОХС (в ммоль/л), триглицеридов – ТГ (в ммоль/л), холестерина липопротеидов высокой плотности – ЛПВП (в

ммоль/л) и холестерина липопротеидов низкой плотности – ЛПНП (в ммоль/л) определяли в капиллярной крови, взятой в утренние часы натощак из пальца спустя 10–12 ч после последнего приёма пищи с использованием портативного биохимического экспресс-анализатора CardioChek PA (США). Для оценки атерогенного потенциала липидного профиля были рассчитаны следующие показатели: отношение ОХС к холестерину ЛПВП: ОХС/ЛПВП и отношение холестерина ЛПНП к холестерину ЛПВП: ЛПНП/ЛПВП. Коэффициент атерогенности (КА) рассчитывали по следующей формуле: $КА = (ОХС - ЛПВП) / ЛПВП$ [6].

О нарушениях липидного профиля крови мы судили исходя из Российских рекомендаций III пересмотра Комитета экспертов Всероссийского научного общества кардиологов 2007 г., составленных с учётом Европейских рекомендаций III пересмотра 2003 г. [7] и на основе третьего доклада экспертов NCEP [8]. За гиперхолестеринемию принимался уровень ОХС $\geq 5,18$ ммоль/л, повышенный уровень ЛПНП $\geq 3,0$ ммоль/л, сниженный уровень ЛПВП $\leq 0,9$ ммоль/л. К гипертриглицеридемии относили уровень ТГ $\geq 1,77$ ммоль/л. Гипергликемию натощак диагностировали при концентрации глюкозы (ГЛ) $\geq 5,6$ ммоль/л согласно критериям Международной диабетической федерации [9].

Полученные результаты подвергнуты статистической обработке с применением пакета прикладных программ «Statistica 7.0». Проверка на нормальность распределения измеренных переменных осуществлялась на основе теста Шапиро–Уилка. Результаты параметрических методов обработки представлены в виде среднего значения (M) и ошибки средней арифметической ($\pm m$). Статистическая значимость различий определялась с помощью критерия Штеффэ. Критический уровень значимости (p) в работе принимался равным 0,05, 0,01, 0,001. Оценку прогнозирования уровня показателей биохимического профиля в зависимости от возраста проводили с использованием регрессионного анализа [10].

Результаты. В табл. 1 представлены основные показатели биохимического профиля юношей г. Магадана в возрастной период с 17 лет до 21 года. Из приведённых данных видно, что юноши 17 лет характеризуются наименьшими числовыми величинами ОХС, ТГ и ЛПНП, тогда как статистически значимо более высокие значения этих биохимических характеристик были отмечены у представителей старших возрастных групп. При этом показатель ЛПВП не имеет значимой динамики в возрастной период с 17 лет до 21 года. Полученные результаты указывают на то, что у представителей старших возрастных групп отмечается значимое увеличение расчётных индексов, характеризующих степень атерогенности липидного профиля, относительно представителей младшего возраста. Значимой возрастной динамики относительно уровня глюкозы в крови зафиксировано не было.

Анализ индивидуальных отклонений липидного профиля от нормативных величин (табл. 2) выявил повышенные значения ОХС в крови у 2% 19-летних и у 4% 20–21-летних юношей, тогда как в более младших возрастных группах дислипидемии по данному показателю зафиксирована не была. Высокое (более 3,0 ммоль/л) содержание ЛПНП было выявлено у 5% в 17 лет, у 3% в 18 лет и у 2% в 19 лет. У юношей 20–21 года частота встречаемости высоких значений ЛПНП

Возрастная динамика биохимических показателей у юношей г. Магадана

Исследуемые показатели	Возрастная группа, годы				Уровень значимости различий между возрастными группами					
	17 (1)	18 (2)	19 (3)	20-21 (4)	1-2	2-3	3-4	1-3	2-4	1-4
ОХС, ммоль/л	3,24±0,06	3,39±0,05	3,46±0,06	3,84±0,07	<i>p</i> <0.05	<i>p</i> =0.35	<i>p</i> <0.001	<i>p</i> <0.01	<i>p</i> <0.001	<i>p</i> <0.001
ТГ, ммоль/л	0,67±0,01	0,79±0,03	0,83±0,05	0,87±0,04	<i>p</i> <0.001	<i>p</i> =0.57	<i>p</i> =0.48	<i>p</i> <0.01	<i>p</i> =0.14	<i>p</i> <0.001
ЛПВП, ммоль/л	1,27±0,04	1,32±0,02	1,28±0,02	1,28±0,03	<i>p</i> =0.23	<i>p</i> =0.09	<i>p</i> =0.65	<i>p</i> =0.72	<i>p</i> =0.27	<i>p</i> =0.82
ЛПНП, ммоль/л	1,53±0,06	1,53±0,04	1,70±0,05	2,03±0,08	<i>p</i> =0.99	<i>p</i> <0.01	<i>p</i> <0.001	<i>p</i> <0.05	<i>p</i> <0.001	<i>p</i> <0.001
КА, усл. ед.	1,78±0,07	1,68±0,06	2,05±0,15	2,40±0,14	<i>p</i> =0.34	<i>p</i> <0.05	<i>p</i> =0.09	<i>p</i> =0.10	<i>p</i> <0.001	<i>p</i> <0.001
ОХС/ЛПВП, усл. ед.	2,78±0,07	2,68±0,06	3,05±0,15	3,40±0,14	<i>p</i> =0.34	<i>p</i> <0.05	<i>p</i> =0.09	<i>p</i> =0.10	<i>p</i> <0.001	<i>p</i> <0.001
ЛПНП/ЛПВП, усл. ед.	1,39±0,07	1,24±0,05	1,54±0,09	1,91±0,13	<i>p</i> =0.08	<i>p</i> <0.001	<i>p</i> <0.01	<i>p</i> =0.19	<i>p</i> <0.001	<i>p</i> <0.001
Глюкоза, ммоль/л	5,35±0,03	5,41±0,04	5,42±0,04	5,43±0,02	<i>p</i> =0.08	<i>p</i> =0.48	<i>p</i> =0.49	<i>p</i> =0.07	<i>p</i> =0.48	<i>p</i> <0.05

была отмечена уже у 12% обследуемых. Величины ЛПВП, выходящие за нижнюю границу нормы, варьировали от 7 до 12%. Гипертриглицеридемия была отмечена у 5% обследуемых в 18- и 19-летнем возрасте и у 4% 20–21-летних юношей, тогда как у всех обследованных 17-летних юношей данный показатель не выходил за границы нормативного диапазона. При этом выявлена высокая частота встречаемости гипергликемии во всех возрастных группах, самой высокой она была в 17 и 19 лет (29%) со снижением доли к 20–21-летнему возрастному периоду.

Обсуждение. Анализ полученных характеристик липидного обмена, представленных в табл. 1, позволил установить наличие значимой возрастной динамики по ряду изучаемых показателей. Несмотря на статистически значимое увеличение ОХС в возрастной период с 17 лет до 20–21 года, числовые величины данной характеристики имели тенденцию приближаться к нижней границе физиологической нормы, а в случае 17–18–19-летних юношей находиться ниже её. Отметим, что снижение концентрации менее 3,64 ммоль/л в настоящее время рассматривается как проявление гипохолестеринемии и зачастую может являться следствием недостаточности и гипокалорийности рациона питания [11]. Высокие показатели ОХС, превышающие 5,2 ммоль/л, отмечались лишь в более старших возрастных группах (2% обследуемых в группе 19-летних юношей, 4% – в группе 20–21-летних).

Известно, что главным акцептором общего холестерина, который удаляется из макрофагов, в том числе и из пенных клеток атеросклеротических очагов, являются ЛПВП, концентрация которых также обеспечивает механизм антиатерогенного действия [12] и обратный транспорт ОХС [13]. Помимо этого, оптимальный уровень ЛПВП также имеет различные положительные эффекты, такие как антиоксидантный, антиагрегантный и антикоагулянтный [14, 15], всё это способствует профилактическому эффекту в отношении сердечно-сосудистых заболеваний. Эпидемиологические исследования указывают на тесную связь между низким уровнем ЛПВП и увеличением риска развития атеросклеротических сердечно-сосудистых заболеваний [16, 17].

Наше исследование характеристик липидного профиля показало, что в возрастном периоде с 17 лет до 20–21 года показатели ЛПВП не имели статистически значимых изменений, что в большей степени согласуется с представленными в литературе результатами Л.П. Зуевой, которая указывает, что содержание ЛПВП не имеет динамики в широком возрастном диапазоне с 14 до 98 лет [18]. Отметим, что в нашей работе данный показатель в среднем у всех возрастных групп находился в пределах нормы [6], лишь у 7–10% обследуемых значения ЛПВП были ниже 0,9 ммоль/л. В целом, концентрация фракции ЛПВП у юношей г. Магадана на фоне неполноценного рациона питания по соотношению и содержа-

нию основных макроэлементов (жиров, белков, углеводов), что было отмечено в наших работах ранее [19], указывает на отсутствие взаимосвязи между питанием и содержанием ЛПВП в крови, что согласуется с представленными в литературе результатами исследований других авторов [20].

Следующая проанализированная в нашей работе фракция липидного профиля – это концентрация холестерина ЛПНП. В норме ЛПНП используются для нужд клеток сосудистой стенки, а при патологических условиях являются источником накопления его в стенке сосуда [21]. При этом известно, что концентрации ЛПНП, являются транспортной формой эндогенного жира в организме, снижение доли в общем спектре свидетельствует об активном использовании жира на энергетические нужды организма [2]. В соответствии с Европейскими руководящими принципами концентрация ЛПНП должна составлять не более 3,00 ммоль/л [22], что и отмечается во всех обследованных нами возрастных группах. Однако анализ отклонений липидного профиля от нормативных величин по данному показателю выявил увеличение доли лиц с повышенным содержанием ЛПНП в старшей возрастной группе (до 12% в выборке). В иностранных работах отмечаются интересные данные: указывается, что уровень ЛПНП должен находиться в оптимальном диапазоне равным от 1,29–1,81 ммоль/л, что по данным авторов соответствует эволюционно приспособленной диете [23] и что столь низкие уровни ЛПНП даже могут являться предикатами увеличения продолжительности жизни [25, 25].

Известно, что наиболее высокоэффективными энергетическими субстратами в организме, а также универсальной формой накопления энергии являются ТГ [26]. Несмотря на то что уровень ТГ во всех обследованных возрастных группах был низким, следует отметить, что в старших возрастных группах эти показатели были статистически значимо выше по сравнению с группами младшего возраста. Выявленное

Таблица 2

Частота (в %) встречаемости нарушений липидного и углеводного обмена у юношей г. Магадана в период обучения в вузе

Возраст обследуемых, годы	Исследуемые показатели				
	ТГ выше 1,77 ммоль/л	ОХС выше 5,18 ммоль/л	ЛПВП ниже 0,9 ммоль/л	ЛПНП выше 3,0 ммоль/л	Глюкоза выше 5,6 ммоль/л
17	0	0	10	5	29
18	5	0	7	3	25
19	5	2	12	2	29
20–21	4	4	10	12	22

нами повышение уровня ТГ совпадало с увеличением доли лиц, у которых данный показатель находился выше нормативного диапазона (4–5% от общей выборки). Исходя из результатов собственных исследований, а также данных литературы, мы можем предположить активное использование ТГ в метаболических процессах организма как основного энергетического субстрата. Тогда как низкие его величины вне зависимости от возрастной группы, по всей вероятности, обусловлены сниженным содержанием жиров в рационе питания, что также согласуется с нашими результатами [19]. Ранее было высказано предположение, что низкий уровень в сыворотке крови натошак концентрации ТГ является маркером аутоиммунных расстройств [27].

Анализ расчётных индексов, отражающих степень атерогенности, выявил наличие значимой возрастной динамики данных показателей. Так, более высокие показатели коэффициента атерогенности и расчётных соотношений различных фракций холестерина, выявленные в старших возрастных группах, могут расцениваться как неблагоприятный прогностический фактор атерогенной нагрузки на организм. При этом нужно отметить, что в иностранной литературе соотношения липопротеидов, отражающих доли атерогенных и антиатерогенных составляющих в липидном профиле, были предложены в качестве потенциальных маркёров риска развития сахарного диабета 2-го типа в будущем [28, 29], при этом соотношение ЛПНП/ЛПВП, по мнению авторов, является самым сильным предикатом развития гипергликемии [30].

При изучении основного показателя углеводного обмена – уровня глюкозы в крови – было выявлено, что у всех обследуемых групп данный показатель находился на верхней границе референтного интервала нормогликемии с увеличением значений в старшей возрастной группе. При этом у 22–29 % обследуемых содержание глюкозы натошак превышало нормативный диапазон, что, несомненно, является предикатом и риском развития гипергликемических состояний. В настоящее время необходимо констатировать тот факт, что сахарный диабет приобрел масштабы «эпидемии неинфекционного характера», при этом произошло изменение возрастной структуры заболеваемости в сторону увеличения более молодых возрастных групп, что отчасти согласуется с нашими данными. В работе указано, что в период с 2015 по 2040 г. количество заболевших во всём мире увеличится с 415 млн человек (перцентильный размах 340–536 млн) до 642 млн (перцентильный размах 521–829 млн) [31]. Показано, что повышенное содержание глюкозы в крови вызывает повреждения и дисфункции митохондрий в мышцах [32] и, таким образом, потенциально приводит к нарушению энергетического обмена веществ в тканях и утилизации субстрата. Через эти комбинированные механизмы гипергликемия может повысить и мышечный катаболизм белка, что приводит к уменьшению мышечной массы тела и силы [33, 34].

Следующий этап нашей работы был посвящён выявлению взаимосвязей между основными показателями липидного и углеводного обмена в организме и возрастом обследуемых. Для составления математической модели возрастной динамики биохимического профиля нами проведён регрессионный анализ, в результате которого получены регрессионные уравнения со значениями концентрации глюкозы, ОХС, ЛПНП, ЛПВП.

Полученные результаты регрессии указывают на то, что концентрация глюкозы в крови определяется возрастными критериями на 92%.

$y = 0,0293x + 5,3348 \quad R^2 = 0,93, p < 0,01$ (где y – уровень гликемии, x – возраст).

Математическая зависимость увеличения концентрации ОХС от возраста описывается следующим уравнением регрессии:

$y = 0,187x + 0,023 \quad R^2 = 0,92, p < 0,05,$
где y – ОХС и x – возраст.

Зависимость уровня ЛПНП от возраста обследуемых представлена следующим уравнением:

$y = 0,1665x + 1,278 \quad R^2 = 0,93, p < 0,05,$
где y – ЛПНП и x – возраст.

Взаимосвязь уровня ЛПВП и возраста обследуемых имеет следующий вид:

$y = -0,0027x + 0,023 \quad R^2 = 0,0164, p < 0,05,$
где y – ЛПВП и x – возраст).

Отмечено, что в целом проведённый регрессионный анализ и полученные модели взаимосвязей показателей уровня глюкозы, ОХС, ЛПНП и возрастом достаточно хорошо воспроизводят истинные данные (коэффициент детерминации (R^2) варьирует от 0,92 до 0,93), что сопоставимо с выявленной возрастной динамикой вышеуказанных показателей. Модель взаимосвязи ЛПВП с возрастом характеризуется низкими значениями коэффициента детерминации, что свидетельствует о статистически недостоверной взаимосвязи между переменными модели, что и сопоставимо с отсутствием возрастной динамики данного показателя.

Заключение. Таким образом, полученные результаты указывают на наличие возрастной динамики большинства изучаемых характеристик биохимического профиля организма в юношеском периоде онтогенеза. Показатели ОХС, ЛПНП, ТГ липидного профиля, находясь в пределах нормативного диапазона, но с тенденцией приближения к его нижней границе, имели чёткую возрастную обусловленность, что отражалось на увеличении их в возрастном периоде с 17 лет до 21 года. Уровень глюкозы в крови, имея статистически значимые сдвиги в возрастном диапазоне, приближался к верхней границе референтного интервала для нормогликемии. Отмеченная динамика подтверждается методом линейной регрессии и полученными в результате его моделями взаимосвязей показателей липидно-белкового обмена с возрастными характеристиками обследуемых. Полученные уравнения регрессии указывают на наличие чёткой возрастной детерминированности увеличения показателей ОХС, ЛПНП, концентрации глюкозы в крови, тогда как значения ЛПВП не определяются возрастными критериями, на фоне отсутствия возрастной динамики этого показателя.

При этом проведённый анализ основных характеристик липидного и углеводного обмена позволил выявить особенности формирования показателей в данном возрастном периоде при проживании в условиях Магаданской области. К выявленным особенностям биохимического профиля юношей г. Магадана можно отнести низкие значения липидного профиля на фоне высоких показателей гликемического уровня. При этом у весьма значительного процента юношей отмечаются гипергликемические проявления в состоянии углеводного обмена (25–29% в общей выборке обследуемых). Данный факт можно рассматривать как свидетельство тенденции, указывающей на развитие преддиабетического состояния уже в юношеском возрасте, что, несомненно, не может не отразиться на состоянии здоровья молодежи, вступающей во взрослую жизнь.

Финансирование. Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации» (проект «Разработка унифицированных социально-экономических и медико-биологических критериев оценки дискомфорта окружающей среды и состояния адаптированности жителей циркумполярных и арктических регионов»). Также за счёт средств гранта губернатора Магаданской области «Адаптивный профиль метаболических и морфофункциональных характеристик у мигрантов, адаптантов и аборигенов Магаданской области».

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Догадин С.А. Особенности углеводного и липидного обменов и распространенность инсулиннезависимого сахарного диабета у населения севера Сибири. Дис. д-ра. мед. наук. Москва; 1996.
2. Панин Л.Е. Гомеостаз и проблемы приполярной медицины (методологические аспекты адаптации). *Бюллетень СО РАМН*. 2010; 3(3): 6–11.
3. Бойко Е. Р. Физиолого-биохимические основы жизнедеятельности человека на Севере. Екатеринбург: УрО РАН; 2005.
4. Зашихина В.В., Цыганок Т.В. Физиологические аспекты адаптации к стрессогенным ситуациям при обучении. *Фундаментальные исследования*. 2014; 4: 629–33.
5. Суюпова М.С., Халикова С.С. Здоровье студентов как фактор сохранения трудового потенциала региона. *Ученые заметки ТОГУ*. 2013; 4(4): 204–9.
6. Климов А.Н., Никульчева Н.Г. *Обмен липидов и липопротеидов и его нарушение: руководство для врачей*. СПб.: Питер Ком; 1999.
7. Диагностика и коррекция нарушений липидного обмена с целью профилактики и лечения атеросклероза. Российские рекомендации III пересмотр 2007. Разработаны экспертами Всероссийского научного общества кардиологов Секция атеросклероза Москва. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2007; 6. Приложение 3.
9. Шестакова М.В. Комментарии эндокринолога к Рекомендациям по сахарному диабету, преддиабету и сердечно-сосудистым заболеваниям ESC-EASD 2007. *Сахарный диабет*. 2008; 1: 97–9.
10. Боровиков В. П. *Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов*. СПб.: Питер; 2003.
18. Зуева Л.П. Липидный спектр сыворотки крови и полиморфизм генов-кандидатов дислипидемии в пожилом и старческом возрасте. Дис. канд. мед. наук. Уфа; 2009.
19. Аверьянова И.В. Максимов А.Л. Сезонная динамика основных показателей липидного и углеводного обмена у студентов аборигенов и европеоидов Северо-Востока России. *Клиническая лабораторная диагностика*. 2017; 3: 132–40.
21. Назаренко Г.И., Кишкун А.А. *Клиническая оценка результатов лабораторных исследований*. М.: Медицина; 2006.
26. Бурлакова Е.Б., Архипова Г.В., Голощанов А.М. Мембранные липиды как переносчики информации. *Биоантиокислители в регуляции метаболизма в норме и патологии*. 1982; 2: 74–83.

REFERENCES

1. Dogadin S.A. *Carbohydrate and Lipid Metabolism and Insulin-independent Diabetes Morbidity Rate in North Siberia's Population*. Diss. Moscow; 1996. (in Russian)
2. Panin L.E. Homeostasis and problems of circumpolar medicine (methodological aspects of adaptation). *Byulleten' Sibirskogo otdeleniya RAMN*. 2010; 3(3): 6–11. (in Russian)
3. Boiko E. R. *Physiological and biochemical grounds for human vital activity in the North [Fiziologo-biohimicheskie osnovy zhiznedejatel'nosti cheloveka na Severe]*. Ekaterinburg: Ural'skogo otdeleniya RAN; 2005. (in Russian)
4. Zashihina V.V., Cyganok T.V. Physiological Aspects of Adaptation to Stressful Situations at Getting Education. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2014; 4: 629–33. (in Russian)
5. Syupova M.S., Khalikova S.S. The Students' Health as a Factor of Maintenance of a Region Labor Potential. *Uchenye zametki TOGU*. 2013; 4(4): 204–9. (in Russian)
6. Klimov A.N., Nikul'cheva N.G. *Lipid and lipoprotein metabolism and its disorder: guide for physicians [Obmen lipidov i lipoproteidov i ego narushenie: rukovodstvo dlja vrachej]*. St.Peterburg: Piter Kom; 1999. (in Russian)
7. Lipid Metabolism Disorders Diagnostics and Correction for Atherosclerosis Prophylaxis and Treatment. Russian recommendations, the 3rd edition of 2007. Worked out by experts of Society of Cardiology of the Russian Federation, Atherosclerosis Section, Moscow. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika – Cardiovascular Therapy and Prophylaxis*. 2007; 6. Prilozhenie 3. (in Russian)
8. Expert panel on detection, evaluation and treatment of high blood cholesterol in adults/ Executive summary of the third report of the National Cholesterol Education program (NCEP) expert panel on detection, evaluation and treatment of high blood cholesterol in adults (Adult Treatment Panel III). *JAMA*. 2001; 285: 2486–97.
9. Shestakova M.V. Endocrinologist's comments to the Recommendations on diabetes mellitus, prediabetes and cardiovascular diseases ESC-EASD 2007. *Sakharnyi diabet*. 2008; 1: 97–9. (in Russian)
10. Borovikov V. P. *Statistica. The art of analyzing data on a computer: for professionals [Statistica. Iskusstvo analiza dannykh na komp'yutere: dlya professionalov]*. St.Peterburg: Piter; 2003. (in Russian)

11. Iribarren C., David R. Jacobs Jr, Martha L. Slattery, Kiang Liu, Stephen Sidney, Brian J. Hebert, Jeffrey M. Roseman Epidemiology of Low Plasma Cholesterol Concentration among Young Adults: The CARDIA Study Original Research Article. *Preventive Medicine*; 26(4): 495–507.
12. Lewis G.F., Rader D.J. New insights into the regulation of HDL metabolism and reverse cholesterol transport. *Circ. Res*. 2005; 96:1221–32.
13. Brewer H.B. Hypertriglyceridemia: changes in the plasma lipoproteins, associated with an increased risk of cardiovascular disease. *Am. J. Cardiol*. 1999; (83): 3–12.
14. Kontush A., Chapman M.J. Antiatherogenic function of HDL particle subpopulations: focus on antioxidative activities. *Curr. Opin. Lipidol*. 2010; 21: 312–8.
15. Chung D.W., Chen J., Ling, M. et al. High density lipoprotein modulates thrombosis by preventing von Willebrand factor self-association and subsequent platelet adhesion. *Blood*. 2015; 127: 637–45.
16. Stone J., Robinson J.G., Lichtenstein A.H., Bairey Merz C.N., Blum C.B., Eckel R.H. et al. 2013 ACC/AHA guideline on the treatment of blood cholesterol to reduce atherosclerotic cardiovascular risk in adults: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation*. 2013; 25(2): 1–45.
17. Barter P., Gotto A.M., LaRosa J.C., Maroni J., Szarek M., Grundy S.M. et al., Treating to new targets, HDL cholesterol, very low levels of LDL cholesterol, and cardiovascular events. *N. Engl. J. Med*. 2007; 357(13): 1301–10.
18. Zueva L.P. *Lipid Spectrum of the Blood Serum and Polymorphism of Genes-Candidates of Dyslipidemia at Aged and Geriatric People*. Dis. Ufa; 2009. (in Russian)
19. Aver'yanova I.V. Maksimov A.L. Carbohydrate metabolism observed in Indigenous and Caucasoid students of Northeast Russia. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika*. 2017; 3: 132–40. (in Russian)
20. Khalil H., Murrin C., O'Reilly M., Viljoen K., Segurado R., O'Brien J., Somerville R., McGillicuddy F., Kelleher C.C. Total HDL cholesterol eflux capacity in healthy children – Associations with adiposity and dietary intakes of mother and child. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 2017; 27 (1): 70–7.
21. Nazarenko G.I., Kishkun A.A. *Clinical Estimation of Laboratory Study Results [Klinicheskaya otsenka rezul'tatov laboratornykh issledovaniy]*. Moscow: Meditsina; 2006. (in Russian)
22. Mayor S. European society issues guidelines on cardiovascular disease. *BMJ* 2003; 327: 518.
23. O'Keefe J., Cordain L., Harris W., Moe R., Vogel R. Optimal low-density lipoprotein is 50 to 70 mg/dl: Lower is better and physiologically normal-Review Article. *Journal of the American College of Cardiology*. 2004; 43(11): 2142–6.
24. Stamler J., Daviglus M.L., Garside D.B. et al. Relationship of baseline serum cholesterol levels in three large cohorts of younger men to long-term coronary, cardiovascular, and all-cause mortality and to longevity. *JAMA*. 2000; 284: 311–8.
25. Glueck CJ, Kelley W, Gupta A, Fontaine RN, Wang P, Gartside PS. Prospective 10-year evaluation of hypobetalipoproteinemia in a cohort of 772 firefighters and cross-sectional evaluation of hypocholesterolemia in 1,479 men in the National Health and Nutrition Examination Survey. *I. Metabolism*. 1997; 46: 625–33.
26. Burlakova E.B., Arhipova G.V., Golosshanov A.M. Membrane Lipids as Information Carriers. *Bioantiokisliteli v regulyatsii metabolizma v norme i patologii*. 1982; 2: 74–83. (in Russian)
27. Iannello S., Cavaleri A., Milazzo P., Cantarella S., Belfiore F. Low fasting serum triglyceride level as a precocious marker of autoimmune disorders. *MedGenMed*. 2003; 5: 20.
28. Onat A., Can G., Cicek G., Ayhan E., Dogan Y. Predictive value of serum apolipoprotein B/LDL-cholesterol ratio in cardiometabolic risk: populationbased cohort study. *Clin. Biochem*. 2010; 43: 1381–6.
29. Hwang Y.C., Ahn H.Y., Kim W.J., Park C.Y., Park S.W. Increased apoB/A-I ratio independently associated with Type 2 diabetes mellitus: cross-sectional study in a Korean population. *Diabet. Med*. 2012; 29: 1165–70.
30. Fizekova M., Miilunpohja M., Kangas A.J., Sojinen P., Kuusisto J., Ala-Korpela M. et al. Associations of multiple lipoprotein and apolipoprotein measures with worsening of glycemia and incident type 2 diabetes in 6607 non-diabetic Finnish men. *Atherosclerosis*. 2015; 240: 272–7.
31. Ogurtsova K., Fernandez J.D., Huang Y., Linnenkamp U., Makaroff L.E. IDF Diabetes Atlas: Global estimates for the prevalence of diabetes for 2015 and 2040. *Diabetes Research and Clinical Practice*. 2017; 128: 40–50.
32. Elkalaf M, Andel M, Trnka J. Low glucose but not galactose enhances oxidative mitochondrial metabolism in C2C12 myoblasts and myotubes. *PLoS One*. 2013; 8(8): e70772.
33. Kalyani R.R., Metter E.J., Egan J., Golden S.H., Ferrucci L. Hyperglycemia predicts persistently lower muscle strength with aging. *Diabetes Care* 2015; 38(1): 82–90.
34. Lee C.G., Boyko E.J., Barrett-Connor E., Miljkovic I., Hoffman A.R., Everson-Rose S.A. et al. Insulin sensitizers may attenuate lean mass loss in older men with diabetes. *Diabetes Care*. 2011; 34(11): 2381–6.

Поступила 01.11.17

Принята к печати 10.11.17