

### **ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА У ДЕТСКОГО И ПОДРОСТКОВОГО НАСЕЛЕНИЯ СЕВЕРА ОТ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ОРГАНИЗМА ТИАМИНОМ**

*О.С. Власова\*, Ф.А. Бичкаева\*, Т.В. Третьякова\**

\*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики  
имени академика Н.П. Лаврова РАН (г. Архангельск)

Проживание человека в условиях Севера сопровождается изменениями метаболического профиля и формированием недостатка ряда витаминов, в т. ч. и тиамин. У детей и подростков восприимчивость организма к дефициту витаминов повышена. Обследованы дети и подростки в возрасте от 10 до 17 лет, проживающие на Европейском и Азиатском Севере России, в Приарктическом и Арктическом регионах. Спектрофотометрическим методом в крови определены уровни показателей углеводного обмена (глюкоза, пируват, лактат), обеспеченность организма тиамином (ТДФ-эффект). По величине ТДФ-эффекта обследованные лица поделены на группы с высокой обеспеченностью витамином, нормальной обеспеченностью, умеренным и выраженным тиамин-дефицитом. В Приарктическом регионе значимые изменения показателей углеводного обмена отмечены у обследованных в группе с высокой обеспеченностью тиамином, что выражается снижением уровня пирувата и ростом значений коэффициента Лак/Пир. При этом в Арктическом регионе зарегистрированы значимые флуктуации глюкозы у детей и подростков с умеренным тиамин-дефицитом; повышение ее уровня, возможно, является результатом торможения гликолиза и активации процессов глюконеогенеза из-за ингибирования пируватдегидрогеназного комплекса. Показано, что проживание на территориях с разной степенью выраженности экстремальности природно-климатических и погодных условий внешней среды вследствие формирования особенностей метаболических реакций (в Арктическом регионе – снижение уровня глюкозы и менее выраженное накопление лактата в крови) приводит к разнонаправленному влиянию тиаминовой обеспеченности на параметры углеводного обмена.

**Ключевые слова:** углеводный обмен, обеспеченность тиамином, дефицит тиамин, дети и подростки Севера России.

---

**Ответственный за переписку:** Власова Ольга Сергеевна, адрес: 163061, г. Архангельск, просп. Ломоносова, д. 249; e-mail: [olgawlassova@mail.ru](mailto:olgawlassova@mail.ru)

**Для цитирования:** Власова О.С., Бичкаева Ф.А., Третьякова Т.В. Зависимость параметров углеводного обмена у детского и подросткового населения Севера от обеспеченности организма тиамином // Журн. мед.-биол. исследований. 2017. Т. 5, № 4. С. 5–13. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.4.5

Тиамин (витамин В<sub>1</sub>) в виде тиаминдифосфата является коферментом ряда ключевых ферментов, катализирующих важнейшие реакции энергетического гомеостаза в организме человека. Тиаминдифосфат соединяется с соответствующими апоферментами и образует тиаминовые ферменты, входящие в состав пируват- и  $\alpha$ -кетоглутаратдегидрогеназных комплексов и принимающие участие в осуществлении таких реакций, как декарбоксилирование  $\alpha$ -кетокислот с образованием соответствующих альдегидов, окислительное декарбоксилирование  $\alpha$ -кетокислот с образованием пировиноградной и  $\alpha$ -кетоглутаровой кислот [1]. В составе транскетолазы тиаминпирофосфат участвует в переносе гликольальдегидного радикала от кетосахаров на альдосахара (пентозофосфатный путь превращения глюкозы)<sup>1</sup>. Окисление пировиноградной кислоты представляет собой ключевую реакцию на пути аэробного превращения углеводов через цикл лимонной кислоты (энергетический обмен, синтез липидов из углеводов) [2]. Транскетолазная реакция имеет значение для образования пентозофосфатов из гексозофосфатов. Обеспечение организма пентозофосфатами важно для синтеза нуклеотидов и восстановленной формы НАДФ, являющегося поставщиком ионов водорода для многих восстановительных биосинтезов – жирных кислот, холестерина, катехоламинов [3]. При недостаточности тиамин нарушается углеводный обмен, следствием чего является избыточное накопление в организме  $\alpha$ -кетокислот и пентозосахаров, что может повлечь за собой и сдвиг в кислотно-щелочном равновесии<sup>2</sup>.

Имеются сведения о некоферментном влиянии тиамин и его метаболитов на обмен углеводов. Так, тиамин способен активизировать ферменты гликолиза гексокиназу и фосфофруктокиназу [4]. Есть данные, что дефицит тиамин приводит к выраженному снижению синтеза и секреции инсулина [5, 6], а также что

тиамин препятствует развитию состояния инсулинорезистентности [7, 8]. Введение тиамин способствует снижению уровня глюкозы у лиц с сахарным диабетом и другими нарушениями углеводного метаболизма [9–11].

Исследования, проведенные в условиях Севера среди как взрослого, так и детского населения, указывают на распространенность гиповитаминоза тиамин у северян [12–16]. У обследованного нами детского и подростково-юношеского населения низкая обеспеченность витамином В<sub>1</sub> выявлена в 24,9 % случаев в Приарктическом регионе (ПР) и в 12,4 % в Арктическом регионе (АР) [17]. В детском и подростковом возрасте восприимчивость организма к недостатку того или иного витамина повышена. Хроническая нутритивная недостаточность приводит к изменению программы развития [18]. В связи с вышеизложенным целью работы явилось изучение флуктуаций показателей углеводного обмена в зависимости от обеспеченности организма витамином В<sub>1</sub> у детей и подростков, проживающих на территориях Европейского и Азиатского Севера России.

**Материалы и методы.** Обследованы представители детского и подросткового населения (возраст – от 10 до 17 лет), проживающие на территории ПР (Приморский и Коношский районы Архангельской области; 383 человека) с менее суровыми природными условиями и АР (Чукотский и Ненецкий автономные округа, Мезенский район Архангельской области; 270 человек). Все обследованные относились к I и II группам здоровья. Забор крови производили из локтевой вены в вакутайнеры «Becton Dickinson ВР» (Англия) утром натощак с информированного согласия родителей детей и подростков.

В сыворотке крови спектрофотометрическим методом определяли содержание глюкозы, лактата – на биохимическом анализаторе «Марс» (Южная Корея) наборами «Chronolab AG»

<sup>1</sup>Экспериментальная витаминология: справ. рук. / под ред. Ю.М. Островского. Минск, 1979. 552 с.

<sup>2</sup>Ребров В.Г., Громова О.А. Витамины, макро- и микроэлементы: обучающие программы РСЦ ин-та микроэлементов ЮНЕСКО. М., 2008. 960 с.

(Швейцария) и пирувата – по реакции с 2,4-динитрофенилгидразином. Рассчитывали значения коэффициента Лак/Пир, показывающего степень превалирования анаэробных процессов окисления над аэробными. Об обеспеченности организма тиаминем судили по величине ТДФ-эффекта – коэффициента, определяемого по приросту активности эритроцитарного фермента транскетолазы после добавления тиаминдифосфата с использованием анализатора биожидкостей «Флюорат» («Люмекс», Санкт-Петербург). В зависимости от значений ТДФ-эффекта обследованный контингент был разделен на группы: 1) менее 1,00 усл. ед. – высокая обеспеченность тиаминем; 2) 1,00–1,15 усл. ед. – нормальная обеспеченность тиаминем; 3) 1,15–1,25 усл. ед. – умеренный тиамин-дефицит; 4) более 1,25 усл. ед. – выраженный дефицит витамина В<sub>1</sub> [3, 19, 20].

Статистический анализ выполняли с использованием программ «SPSS 13.0 for Windows» и «Statistica 5.0». Проводили дескриптивный анализ (расчет среднего арифметического значения и его стандартной ошибки, медианы, диапазона значений между 25-м и 75-м перцентилями), дисперсионный анализ (расчет Н-критерия Краскела–Уоллиса). Поскольку для показателей в группах было выявлено в основном распределение, отклоняющееся от нормального, для сравнения показателей в группах применяли непараметрические критерии: при сравнении показателей в двух регионах – критерий Манна–Уитни, в случае апостериорных сравнений четырех групп – критерий Данна<sup>3</sup>. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимали  $p = 0,05$ , значения  $0,05 < p < 0,1$  считали тенденцией.

**Результаты.** Дисперсионный анализ (Н-критерий Краскела–Уоллиса) показал, что с учетом обеспеченности организма витамином В<sub>1</sub> (ТДФ-эффект) статистически значимые изменения присутствуют у жителей ПР в содержании пирувата и коэффициенте Лак/Пир ( $H = 8,66$ ,  $p = 0,034$  и  $H = 12,21$ ,  $p = 0,007$  со-

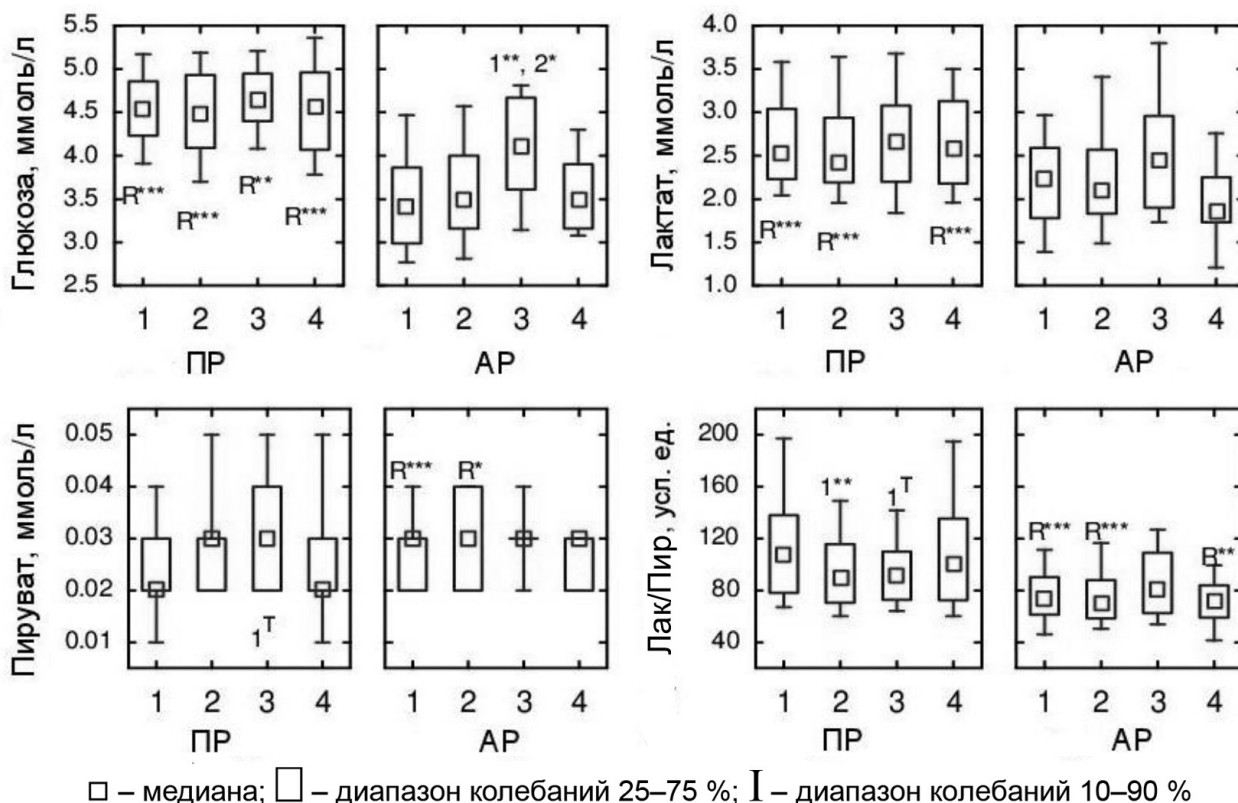
ответственно); для содержания глюкозы  $H = 2,42$ ,  $p = 0,49$ , для содержания лактата  $H = 2,18$ ,  $p = 0,54$ . У жителей АР статистически значимые различия выявлены для концентрации глюкозы ( $H = 14,28$ ,  $p = 0,003$ ); значения критерия для уровней лактата, пирувата и коэффициента Лак/Пир составили  $H = 5,76$ ,  $p = 0,12$ ;  $H = 3,49$ ,  $p = 0,32$  и  $H = 3,32$ ,  $p = 0,35$  соответственно.

У представителей ПР наиболее высокое содержание глюкозы и лактата отмечено в 3-й группе (с умеренным тиамин-дефицитом), однако эти различия не велики и статистически не значимы (см. рисунок, с. 8). В ходе апостериорных сравнений групп методом Данна обнаружено, что для уровня пирувата различия были обусловлены преимущественно 1-й и 3-й группами ( $p = 0,09$ ): у лиц с высокой обеспеченностью тиаминем наблюдался более низкий уровень пирувата, а в группе лиц с умеренным тиамин-дефицитом – более высокий. Значения коэффициента Лак/Пир высокими были в группах с высокой обеспеченностью тиаминем и с выраженным его дефицитом (в 1-й группе по сравнению со 2-й  $p = 0,009$ , с 3-й –  $p = 0,083$ ).

У жителей АР для содержания глюкозы и лактата выявлены те же различия, что и у лиц ПР: максимальные их значения отмечены в 3-й группе, уровень глюкозы был значимо выше относительно 1-й ( $p = 0,001$ ) и 2-й ( $p = 0,016$ ) групп. Минимальный уровень пирувата наблюдался в 4-й группе. В соответствии с колебаниями содержания лактата более высокие значения коэффициента Лак/Пир отмечены в 3-й группе.

**Обсуждение.** Недостаток или избыток универсальных компонентов клеточного метаболизма, к которым относятся витамины, может оказывать влияние на реализацию обменных процессов в организме. При этом свою роль играет и формирование «северного» или «полярного» метаболического типа у жителей северных регионов: активизация липидного и

<sup>3</sup>Трухачева Н.В. Математическая статистика в медико-биологических исследованиях с применением пакета Statistica. М., 2013. 384 с.



Показатели углеводного обмена у детей и подростков Приарктического (ПР) и Арктического (АР) регионов в зависимости от обеспеченности витамином В<sub>1</sub>: 1 – высокая обеспеченность; 2 – нормальная обеспеченность; 3 – умеренный тиамин-дефицит; 4 – выраженный тиамин-дефицит (уровни статистической значимости: \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$ ; <sup>T</sup> – тенденция к изменению ( $0,05 < p < 0,1$ ); 1, 2 – при сравнении с указанной группой; R – при сравнении между регионами)

белкового обмена и снижение вклада углеводного обмена в энергетическое обеспечение организма [12, 21, 22]. Так, например, Л.Е. Панин сезонные колебания содержания в крови глюкозы, пирувиноградной и молочной кислот у северян связывал с нарушениями витаминного баланса, проявляющимися классической картиной В<sub>1</sub>-гиповитаминоза [12]. Гиповитаминоз тиамина может сопровождаться лактатацидозом из-за ингибирования реакций окислительного декарбоксилирования пирувата, катализируемых пируватдегидрогеназным комплексом,

в составе которого тиаминдифосфат выполняет коферментную функцию [23–25].

Для всего обследованного контингента детей и подростков АР, который отличается от ПР более суровыми и экстремальными природно-климатическими и погодными условиями среды проживания, характерны значимо низкие уровни глюкозы и лактата, это отражено и при сравнении четырех групп по региону обследования (см. рисунок) на фоне более высокой обеспеченности тиамином у обследованных в АР в целом [17]. Выявленные особенности могли

оказывать влияние на различия в колебаниях параметров углеводного обмена в группах с разной обеспеченностью тиамином в зависимости от региона обследования.

У представителей ПР более значимые изменения показателей углеводного обмена отмечены в группах с наибольшей обеспеченностью организма тиамином и умеренным его дефицитом. Некоторое повышение содержания пирувата в группе лиц с умеренным дефицитом, скорее всего, обусловлено уменьшением активности процессов окислительного декарбоксилирования пирувата и его превращения в ацетил-КоА, катализируемого пируватдегидрогеназным комплексом, а у представителей 1-й группы, напротив, снижение уровня пирувата могло быть вызвано более активным протеканием этих процессов. Кроме того, увеличение коэффициента Лак/Пир в группе с высокой обеспеченностью тиамином могло происходить вследствие повышения активности образования лактата из пирувата, т. е. анаэробных гликолитических процессов.

На начальных стадиях формирования дефицита тиамин (3-я группа) у детей и подростков АР, вероятно, происходило ингибирование пируватдегидрогеназной реакции декарбоксилирования пирувата. При этом продукт процесса гликолиза – пируват превращался не в ацетил-КоА, а в лактат и аланин, в результате чего снижалась активность гликолитических реакций и усиливался глюконеогенез, что приводило к

повышению содержания глюкозы. В экспериментальных работах имеются данные об усилении процессов глюконеогенеза при недостатке витамина В<sub>1</sub>, в т. ч. и вследствие активизации некоторых ферментов (пируваткарбоксилазы, фосфоенолпируваткарбоксикиназы) [26, 27]. Значимых различий в колебании уровней пирувата и лактата нами не установлено, однако, возможно, исходным субстратом для глюконеогенеза являлся в большей степени пируват. В группе с выраженным тиамин-дефицитным состоянием подобных флуктуаций параметров углеводного обмена не наблюдалось. Одной из причин снижения уровня глюкозы в данной группе могло быть возникновение энергетического дефицита, который частично мог преодолевать интенсификацией гликолитических процессов [26].

Исходя из полученных результатов, можно сделать следующие выводы:

1. Для детского и подросткового населения АР по сравнению с жителями ПР характерны определенные особенности углеводного профиля, в частности сниженное содержание глюкозы и лактата.

2. Установлено, что у представителей ПР от величины ТДФ-эффекта зависят концентрации пирувата и значения коэффициента Лак/Пир, а у лиц АР – уровень глюкозы. При этом колебания концентраций глюкозы у жителей обоих регионов сходные, но у лиц ПР флуктуации менее выражены и статистически не значимы.

## Список литературы

1. Макаричиков А.Ф. Витамин В<sub>1</sub>: метаболизм и функции // Биомед. химия. 2009. Т. 55, вып. 3. С. 278–297.
2. Lonsdale D. Thiamine and Magnesium Deficiencies: Keys to Disease // Med. Hypotheses. 2015. Vol. 84, № 2. P. 129–134.
3. Pacal L., Kuricova K., Kankova K. Evidence for Altered Thiamine Metabolism in Diabetes: Is There a Potential to Oppose Gluco- and Lipotoxicity by Rational Supplementation? // World J. Diabetes. 2014. Vol. 5, № 3. P. 288–295.
4. Петров С.А. Некоферментные эффекты тиамин и его метаболитов // Биомед. химия. 2006. Т. 52, вып. 4. С. 335–345.
5. Luong K.V., Nguyen L.T. The Impact of Thiamine Treatment in the Diabetes Mellitus // J. Clin. Med. Res. 2012. Vol. 4, № 3. P. 153–160.



6. *Rathanaswami P., Pourany A., Sundaresan R.* Effects of Thiamine Deficiency on the Secretion of Insulin and the Metabolism of Glucose in Isolated Rat Pancreatic Islets // *Biochem. Int.* 1991. Vol. 25, № 3. P. 577–583.
7. *Krol E., Krejpcio Z., Michalak S., Wojciak R.W., Bogdanski P.* Effects of Combined Dietary Chromium (III) Propionate Complex and Thiamine Supplementation on Insulin Sensitivity, Blood Biochemical Indices, and Mineral Levels in High-Fructose-Fed Rats // *Biol. Trace Elem. Res.* 2012. № 150. P. 350–359.
8. *Vinogradov V.V., Vodoyevich V.P., Rozhko A.V., Vinogradov S.V.* Concept of the Noncoenzymatic Thiamine Effect // *Med. Hypotheses.* 1997. Vol. 49, № 6. P. 487–495.
9. *Beltramo E., Berrone E., Tarallo S., Porta M.* Effects of Thiamine and Benfotiamine on Intracellular Glucose Metabolism and Relevance in the Prevention of Diabetic Complications // *Acta Diabetol.* 2008. Vol. 45, № 3. P. 131–141.
10. *Gonzales-Ortiz M., Martinez-Abundis E., Robles-Cervantes J.A., Ramirez-Ramirez V., Ramos-Zavala M.G.* Effect of Thiamine Administration on Metabolic Profile, Cytokines and Inflammatory Markers in Drug-Naïve Patients with Type 2 Diabetes // *Eur. J. Nutr.* 2011. Vol. 50, № 2. P. 145–149.
11. *Alaei S.F., Soares M.J., Zhao Y., Sherriff J.* High-Dose Thiamine Supplementation Improves Glucose Tolerance in Hyperglycemic Individuals: A Randomized, Double-Blind Cross-Over Trial // *Eur. J. Nutr.* 2013. Vol. 52, № 7. P. 1821–1824.
12. *Панин Л.Е.* Энергетические аспекты адаптации. Л., 1978. 190 с.
13. *Бичкаева Ф.А., Ткачев А.В., Бойко Е.Р., Кулакова И.В., Третьякова Т.В.* Обеспеченность организма витамином В<sub>1</sub> у жителей Европейского Севера // *Физиология человека.* 2003. Т. 29, № 1. С. 133–135.
14. *Данилова Н.И., Истомин А.В., Раенгулов Б.М., Крючкова Е.Н., Кондратович С.В.* Алиментарный статус детей коренных народностей Крайнего Севера // *Казан. мед. журн.* 2003. Т. 84, № 2. С. 145–147.
15. *Климацкая Л.Г., Шевченко И.Ю., Василовский А.М., Теннер Е.А., Лесовская М.И.* Алиментарнозависимые состояния у детей Красноярья // *Журн. Гродн. гос. мед. ун-та.* 2006. № 1. С. 88–90.
16. *Потолицына Н.Н.* Обеспеченность организма тиаминном у жителей Европейского Севера: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Архангельск, 2006. 19 с.
17. *Власова О.С., Бичкаева Ф.А., Волкова Н.И., Третьякова Т.В.* Соотношения показателей углеводного обмена, обеспеченности биоэлементами, витаминами В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> у детского и подростково-юношеского населения Севера // *Экология человека.* 2016. № 6. С. 15–20.
18. *Громова О.А.* Исторические и современные аспекты отечественной педиатрической витаминологии // *Педиатр. фармакология.* 2008. Т. 5, № 1. С. 57–61.
19. *Мартинчик А.Н., Ларина Т.И., Исаева В.А.* Тиамин (витамин В<sub>1</sub>) // *Тр. ин-та питания АМН СССР.* 1987. Т. 8. С. 87–98.
20. *Кубасов Р.В., Бичкаева Ф.А., Годовых Т.В.* Изменение показателей белкового обмена у детей в зависимости от обеспеченности тиаминном // *Клин. лаб. диагностика.* 2011. № 8. С. 22–25.
21. *Бойко Е.Р.* Физиолого-биохимические основы жизнедеятельности человека на Севере. Екатеринбург, 2005. 192 с.
22. *Влощинский П.Е., Панин Л.Е.* Структура питания, состояние энергетического обмена и эндокринный статус в организованном коллективе на Крайнем Севере // *Вестн. урал. мед. акад. науки.* 2014. Т. 48, № 2. С. 11–15.
23. *Naito E., Ito M., Yokota I., Saijo T., Matsuda J., Kuroda Y.* Thiamine-Responsive Lactic Acidemia: Role of Pyruvate Dehydrogenase Complex // *Eur. J. Pediatr.* 1998. Vol. 157, № 8. P. 648–652.
24. *Moskowitz A., Graver A., Giberson T., Berg K., Liu X., Uber A., Gautam S., Donnino M.W.* The Relationship Between Lactate and Thiamine Levels in Patients with Diabetic Ketoacidosis // *J. Crit. Care.* 2014. Vol. 29, № 1. P. 182.e5–182.e8.
25. *Andersen L.W., Liu X., Peng T.J., Giberson T.A., Khabbaz K.R., Donnino M.W.* Pyruvate Dehydrogenase Activity and Quantity Decreases After Coronary Artery Bypass Grafting: A Prospective Observational Study // *Shock.* 2015. Vol. 43, № 3. P. 250–254.
26. *Горбач З.В., Маглыш С.С., Островский Ю.М.* Некоторые особенности обмена углеводов в печени крысы, обусловленные ограничением доступности тиамина // *Биохимия.* 1983. Т. 48, № 11. С. 1778–1782.
27. *Маглыш С.С., Горбач З.В., Коноваленко О.В.* Регуляция глюконеогенеза в печени витамин В<sub>1</sub>-дефицитных крыс // *Биохимия.* 1990. Т. 55, № 8. С. 1491–1497.

## References

1. Makarchikov A.F. Vitamin B<sub>1</sub>: metabolism i funktsii [Vitamin B<sub>1</sub> Metabolism and Functions]. *Biomeditsinskaya khimiya*, 2009, vol. 55, no. 3, pp. 278–297.
2. Lonsdale D. Thiamine and Magnesium Deficiencies: Keys to Disease. *Med. Hypotheses*, 2015, vol. 84, no. 2, pp. 129–134.
3. Pacal L., Kuricova K., Kankova K. Evidence for Altered Thiamine Metabolism in Diabetes: Is There a Potential to Oppose Gluco- and Lipotoxicity by Rational Supplementation? *World J. Diabetes*, 2014, vol. 5, no. 3, pp. 288–295.
4. Petrov S.A. Nekofermentnye efekty tiamina i ego metabolitov [Non-Coenzymic Effects of Thiamine and Its Metabolites]. *Biomeditsinskaya khimiya*, 2006, vol. 52, no. 4, pp. 335–345.
5. Luong K.V., Nguyen L.T. The Impact of Thiamine Treatment in the Diabetes Mellitus. *J. Clin. Med. Res.*, 2012, vol. 4, no. 3, pp. 153–160.
6. Rathanaswami P., Pourany A., Sundaresan R. Effects of Thiamine Deficiency on the Secretion of Insulin and the Metabolism of Glucose in Isolated Rat Pancreatic Islets. *Biochem. Int.*, 1991, vol. 25, no. 3, pp. 577–583.
7. Krol E., Krejpcio Z., Michalak S., Wojciak R.W., Bogdanski P. Effects of Combined Dietary Chromium (III) Propionate Complex and Thiamine Supplementation on Insulin Sensitivity, Blood Biochemical Indices, and Mineral Levels in High-Fructose-Fed Rats. *Biol. Trace Elem. Res.*, 2012, no. 150, pp. 350–359.
8. Vinogradov V.V., Vodoyevich V.P., Rozhko A.V., Vinogradov S.V. Concept of the Noncoenzymatic Thiamine Effect. *Med. Hypotheses*, 1997, vol. 49, no. 6, pp. 487–495.
9. Beltramo E., Berrone E., Tarallo S., Porta M. Effects of Thiamine and Benfotiamine on Intracellular Glucose Metabolism and Relevance in the Prevention of Diabetic Complications. *Acta Diabetol.*, 2008, vol. 45, no. 3, pp. 131–141.
10. Gonzales-Ortiz M., Martinez-Abundis E., Robles-Cervantes J.A., Ramirez-Ramirez V., Ramos-Zavala M.G. Effect of Thiamine Administration on Metabolic Profile, Cytokines and Inflammatory Markers in Drug-Naïve Patients with Type 2 Diabetes. *Eur. J. Nutr.*, 2011, vol. 50, no. 2, pp. 145–149.
11. Alaei S.F., Soares M.J., Zhao Y., Sherriff J. High-Dose Thiamine Supplementation Improves Glucose Tolerance in Hyperglycemic Individuals: A Randomized, Double-Blind Cross-Over Trial. *Eur. J. Nutr.*, 2013, vol. 52, no. 7, pp. 1821–1824.
12. Panin L.E. *Energeticheskie aspekty adaptatsii* [Energy Aspects of Adaptation]. Leningrad, 1978. 190 p.
13. Bichkaeva F.A., Tkachev A.V., Boyko E.R., Kulakova I.V., Tret'yakova T.V. Obespechennost' organizma vitaminom B<sub>1</sub> u zhitel'ev Evropeyskogo Severa [Vitamin B<sub>1</sub> Levels in Residents of the European North]. *Fiziologiya cheloveka*, 2003, vol. 29, no. 1, pp. 133–135.
14. Danilova N.I., Istomin A.V., Raengulov B.M., Kryuchkova E.N., Kondratovich S.V. Alimentarnyy status detey korennykh narodnostey Kraynego Severa [Alimentary Status of Children of Aboriginal Population of the North]. *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal*, 2003, vol. 84, no. 2, pp. 145–147.
15. Klimatskaya L.G., Shevchenko I.Yu., Vasilovskiy A.M., Tepper E.A., Lesovskaya M.I. Alimentarnozavisimye sostoyaniya u detey Krasnoyar'sya [Nutrition-Dependent Conditions of Krasnoyarsk Children]. *Zhurnal Grodnenskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*, 2006, no. 1, pp. 88–90.
16. Potolitsyna N.N. *Obespechennost' organizma taminom u zhitel'ev Evropeyskogo Severa* [Thiamine Levels in Residents of the European North]. Arkhangelsk, 2006. 19 p.
17. Vlasova O.S., Bichkaeva F.A., Volkova N.I., Tret'yakova T.V. Sootnosheniya pokazateley uglevodnogo obmena, obespechennosti bioelementami, vitaminami B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> u detskogo i podrostkovo-yunosheskogo naseleniya Severa [Correlations of Carbohydrate Metabolism Indexes, Provision of Bioelements, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> Vitamins in Children and Adolescents in the North]. *Ekologiya cheloveka*, 2016, no. 6, pp. 15–20.
18. Gromova O.A. Istoricheskie i sovremennye aspekty otechestvennoy pediatricheskoy vitaminologii [Historical and Modern Aspects of Russian Pediatric Vitaminology]. *Pediatricheskaya farmakologiya*, 2008, vol. 5, no. 1, pp. 57–61.
19. Martinchik A.N., Larina T.I., Isaeva V.A. Tiamin (vitamin B<sub>1</sub>) [Thiamine (Vitamin B<sub>1</sub>)]. *Trudy instituta pitaniya AMN SSSR*, 1987, vol. 8, pp. 87–98.

20. Kubasov R.V., Bichkaeva F.A., Godovykh T.V. Izmenenie pokazately belkovogo obmena u detey v zavisimosti ot obespechennosti tiaminom [The Variations of Protein Metabolism Indicators in Children Depending on Supply of Thiamine]. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika*, 2011, no. 8, pp. 22–25.

21. Boyko E.R. *Fiziologo-biokhimicheskie osnovy zhiznedeyatel'nosti cheloveka na Severe* [Physiological and Biochemical Bases of Human Life in the North]. Yekaterinburg, 2005. 192 p.

22. Vloshchinskiy P.E., Panin L.E. Struktura pitaniya, sostoyanie energeticheskogo obmena i endokrinnyy status v organizovannom kollektive na Kraynem Severe [Dietary Patterns, State of Energy Metabolism and Endocrine Status in Organized Groups in the North]. *Vestnik ural'skoy meditsinskoy akademicheskoy nauki*, 2014, vol. 48, no. 2, pp. 11–15.

23. Naito E., Ito M., Yokota I., Saijo T., Matsuda J., Kuroda Y. Thiamine-Responsive Lactic Acidemia: Role of Pyruvate Dehydrogenase Complex. *Eur. J. Pediatr.*, 1998, vol. 157, no. 8, pp. 648–652.

24. Moskowicz A., Graver A., Giberson T., Berg K., Liu X., Uber A., Gautam S., Donnino M.W. The Relationship Between Lactate and Thiamine Levels in Patients with Diabetic Ketoacidosis. *J. Crit. Care*, 2014, vol. 29, no. 1, pp. 182.e5–182.e8.

25. Andersen L.W., Liu X., Peng T.J., Giberson T.A., Khabbaz K.R., Donnino M.W. Pyruvate Dehydrogenase Activity and Quantity Decreases After Coronary Artery Bypass Grafting: A Prospective Observational Study. *Shock*, 2015, vol. 43, no. 3, pp. 250–254.

26. Gorbach Z.V., Maglysh S.S., Ostrovskiy Yu.M. Nekotorye osobennosti obmena uglevodov v pecheni krysy, obuslovlennye ogranicheniem dostupnosti tiamina [Some Features of Carbohydrate Metabolism in Rat Liver Caused by Limited Thiamine Availability]. *Biokhimiya*, 1983, vol. 48, no. 11, pp. 1778–1782.

27. Maglysh S.S., Gorbach Z.V., Konovalenko O.V. Regulyatsiya glyukoneogeneza v pecheni vitamin B<sub>1</sub>-defitsitnykh krysov [Regulation of Gluconeogenesis in the Liver of Vitamin B<sub>1</sub>-Deficient Rats]. *Biokhimiya*, 1990, vol. 55, no. 8, pp. 1491–1497.

DOI: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.4.5

*Ol'ga S. Vlasova\*, Fatima A. Bichkaeva\*, Tat'yana V. Tret'yakova\**

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

#### **DEPENDENCE OF CARBOHYDRATE METABOLISM PARAMETERS ON THIAMINE LEVELS IN CHILD AND ADOLESCENT POPULATION OF THE NORTH**

Living in the North entails changes in the metabolic profile and formation of certain vitamin deficiencies, including thiamine. Their detrimental effect is especially pronounced in children and adolescents. Our study involved children and adolescents aged 10–17 years living in the European and Asian North of Russia, in the Subarctic and Arctic regions. The spectrophotometric method was used to determine the levels of carbohydrate metabolism parameters (glucose, pyruvate, and lactate) and thiamine levels (TPP effect) in the blood. According to the values of TPP effect, the subjects were divided into groups with high vitamin B<sub>1</sub> levels, normal vitamin B<sub>1</sub> levels, mild thiamine deficiency, and severe thiamine deficiency. In the Subarctic region, we observed significant changes in carbohydrate metabolism parameters in the group with high thiamine levels, which is manifested in decreased pyruvate levels and increased LAC/PYR ratio values. At the same time, in the Arctic region, statistically significant glucose fluctuations were recorded in children and adolescents with mild thiamine deficiency. Increased glucose levels can



be a result of inhibition of glycolysis and activation of gluconeogenesis due to inhibition of the pyruvate dehydrogenase complex. The paper shows that living in areas with varying extreme natural, climatic and weather conditions, due to the formation of certain metabolic responses (in the Arctic region – decreased glucose level and less expressed accumulation of lactate in the blood), results in multidirectional influence of thiamine levels on carbohydrate metabolism parameters.

**Keywords:** *carbohydrate metabolism, thiamine level, thiamine deficiency, children and adolescents in the Russian North.*

Поступила 14.03.2017  
Received 14 March 2017

---

**Corresponding author:** Olga Vlasova, *address:* prosp. Lomonosova 249, Arkhangelsk, 163061, Russian Federation;  
*e-mail:* olgawlassova@mail.ru

**For citation:** Vlasova O.S., Bichkaeva F.A., Tret'yakova T.V. Dependence of Carbohydrate Metabolism Parameters on Thiamine Levels in Child and Adolescent Population of the North. *Journal of Medical and Biological Research*, 2017, vol. 5, no. 4, pp. 5–13. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.4.5