

Оптимизация рациона детей с ограниченными возможностями здоровья

Е.А. Луговая, И.В. Аверьянова

ФГБУН «Научно-исследовательский центр «Арктика»» Дальневосточного отделения РАН, Магадан, Россия

Optimizing the diet of children with disabilities

E.A. Lugovaya, I.V. Averyanova

Scientific Research Center "Arktika," Magadan, Russia

При проведении мониторинга принципов питания в специализированных учреждениях нашей страны выявлено, что у детей, проходящих обучение в специализированных школах или проживающих в интернатах, не предусмотрено особенного адаптированного питания для детей с ограниченными возможностями здоровья (задержка психического развития, дефекты эмоционально-волевой сферы — аутистические расстройства). По данным Всемирной организации здравоохранения, несбалансированные рационы, наряду с привычками образа жизни, служат основными факторами риска развития хронических заболеваний, которые в том числе могут формироваться одновременно с имеющимися нарушениями в области ментальной сферы. Нами поставлена задача провести анализ данных литературы для выявления и обобщения особенностей питания детей, нуждающихся в особом медицинском обслуживании. В обзоре представлены данные зарубежной и отечественной литературы, а также данные, полученные в НИЦ «Арктика», о состоянии пищевого статуса организма детей с ограниченными возможностями здоровья, проживающих в условиях Севера. На основе метаанализа данных литературы и собственных результатов сформированы рекомендации, направленные на оптимизацию рациона детей с ограниченными возможностями здоровья.

Ключевые слова: дети с ограниченными возможностями здоровья, рацион, питание, Север, рекомендации.

Для цитирования: Луговая Е.А., Аверьянова И.В. Оптимизация рациона детей с ограниченными возможностями здоровья. Рос вестн перинатол и педиатр 2022; 67:(1): 94–100. DOI: 10.21508/1027-4065-2022-67-1-94-100

Principles of nutrition for disabled children are very important. Russia's specialized institutions and boarding schools for children with disabilities were monitored and proved to have no specific diet adapted for children with special needs (mental delay, emotional-volitional defects — autistic disorders). According to the World Health Organization (WHO), unbalanced diets along with lifestyle habits are the main risk factors for chronic diseases which can develop and accelerate disorders in intellectual and cognitive abilities. The study analyzed reference data in order to identify and summarize patterns in diets designed for children with special medical care needs. The review assessed works of foreign and domestic authors, as well as data obtained with SRC 'Arktika,' on nutrition status of children with disabilities under the north conditions. By meta-analysis, the authors made recommendations for optimizing the diet for children with disabilities.

Key words: children with disabilities, diet, the North, recommendations.

For citation: Lugovaya E.A., Averyanova I.V. The diet optimization for children with disabilities. Ros Vestn Perinatol i Peditr 2022; 67:(1): 94–100 (in Russ). DOI: 10.21508/1027-4065-2022-67-1-94-100

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), несбалансированные рационы, наряду с привычками образа жизни, служат основными факторами риска развития хронических заболеваний, которые в том числе могут формироваться одновременно с имеющимися нарушениями в области ментальной сферы [1]. При анализе российской и иностранной литературы выявлено, что для детей с ограниченными возможностями здоровья не существует специальных рекомендаций по укреплению здоровья при помощи коррекции рациона, но при этом указывается, что есть серьезные недостатки в традиционных методах питания для лиц данной группы [2–5].

Актуальна проблема здоровья детей с особенностями развития в ментальной сфере, в частности необходимо указать, что частота диагностики расстройств аутистического спектра в мире заметно растет с 50 до 2000% [6]. По данным специалистов, целый ряд веществ, попадающих в организм человека с пищей, не только сильно влияет на рост и физическое развитие, но и отражается на психофизиологических и поведенческих реакциях, эмоциональном фоне. Особенности развития нервной системы у детей с расстройствами аутистического спектра обуславливают и их пищевые предпочтения. В ряде работ отражена взаимосвязь повышенного употребления углеводов и простых сахаров с агрессивными или, наоборот, депрессивными состояниями у пациентов, в других работах отмечено снижение желания употреблять в пищу мясные или рыбные продукты, необходимые в рационе [7, 8]. При проведении мониторинга принципов питания в специализированных учреждениях нашей страны обнаружено, что у детей, проходящих обучение в специализированных школах или проживающих в интернатах, не предусмотрено особенного

© КЛуговая Е.А., Аверьянова И.В., 2022

Адрес для корреспонденции: Луговая Елена Александровна — к.б.н., доц., вр.и.о. дир. Научно-исследовательского центра «Арктика», ORCID: 0000-0002-6583-4175

Аверьянова Инесса Владиславовна — к.б.н., вед. науч. сотр. лаборатории физиологии экстремальных состояний Научно-исследовательского центра «Арктика», ORCID: 0000-0002-4511-6782

e-mail: Inessa1382@mail.ru

685000 Магадан, пр. Карла Маркса, д. 24

адаптированного питания для детей с ограниченными возможностями здоровья. Единственная особенность состоит в увеличении калорийности рационов, а также частоты приемов пищи в день.

С целью подтверждения актуальности вопроса по проблеме оптимизации рациона ввиду отсутствия специальных программ и нормативов для детей с особыми потребностями в медицинском обслуживании, в том числе проживающих в условиях Севера, проведен углубленный анализ научной литературы по представленной тематике на основе поиска в реферативных базах данных источников рандомизированных контролируемых исследований за период 1994–2020 гг.

Материал и методы исследования

В результате поиска в базе данных литературы для анализа было идентифицировано в общей сложности 326 статей, из которых 268 были получены из PubMed и 50 — через Scopus. Еще 8 статей были найдены через Google Scholar. Из общего числа 326 идентифицированных статей 124 дубликатов были удалены, и 202 статьи были одобрены для следующего этапа отбора. Из оставшихся 220 статей 180 не соответствовали цели настоящего обзора, а 9 были недоступны в Интернете. Таким образом, 31 статья была признана достаточной для обзора. В итоге 33 статьи были проанализированы и включены в обзор.

Нами также проанализирован рацион перспективного меню Государственного казенного учреждения для детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей, обучающихся по адаптированным образовательным программам «Магаданская школа-интернат». Анализ меню проведен с использованием программы «АСПОН-питание» (Санкт-Петербург). Были проанализированы следующие компоненты рациона: биотин (витамин B₇, мкг), витамин B₁ (мг), витамин B₁₂ (мкг), витамин B₆ (мг), витамин C (мг), витамин D (мкг), витамин E (мг), витамин B₃ (мг), витамин A (мкг), витамин B₂ (мг), витамин K, (мкг), витамин B₅ (мг), фолиевая кислота (витамин B₉, мкг). Оценку микроэлементного состава рациона выполняли по следующим характеристикам: Fe (железо, мг); K (калий, мг); Ca (кальций, мг); Mg (магний, мг); Mn (марганец, мг); Na (натрий, мг); P (фосфор, мг); F (фтор, мг); Cl (хлор, мг); Zn (цинк, мг); I (йод, мкг); Cu (медь, мкг); Mo (молибден, мкг); Se (селен, мкг); Cr (хром, мкг).

Кроме того, был проанализирован макронутриентный состав рациона по следующим компонентам: белки (г), жиры (из которых жиры растительного и животного происхождения, г), углеводы, г (с выделением моно- и дисахаридов, клетчатки), а также поведена оценка суточной энергетической ценности рациона (ккал/сут). Полученные данные сравнивали с нормативными уровнями употребления пищевых и биологически активных веществ,

представленных в методических рекомендациях «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп Российской Федерации» (2008) [9].

В перспективном меню представлены следующие нормативные диапазоны потребления макронутриентов и энергетической обеспеченности рациона (табл. 1), указанные в Постановлении Правительства Магаданской области № 945 ПП от 08.11.2017).

Представленные нормы физиологических потребностей в энергии рациона превышают нормативные величины для лиц данной возрастной группы и не соответствуют приведенным ниже средним величинам суточной потребности в энергии для детей г. Магадан, соотнесенных по фактической массе тела магаданских детей (табл. 2). Эти нормы также не соответствуют суточной потребности в энергетической обеспеченности рациона, указанным в методических рекомендациях МР 2.4.5.0107–15 «Организация питания детей дошкольного и школьного возраста в организованных коллективах», в соответствии с которыми суточная энергетическая ценность употребляемой пищи для детей 11–18 лет не превышает 3048 ккал/сут, а для детей 7–11 лет — 2560 ккал/сут [10].

Результаты и обсуждение

На основании результатов зарубежных и отечественных исследований установлено, что особенности питания, в частности избыток углеводов, приводят к гиперактивности и более выраженному агрессивному поведению детей, а недостаток омега-3-полиненасыщенных жирных кислот, витамина B₁₂, селена, цинка, фолатов вызывает снижение когнитивных функций, повышенную утомляемость, депрессию [7, 11–39]. Установлено, что прием добавок с антиоксидантами улучшает не только когнитивные функции, но и поведенческие симптомы при аутизме [17]. В работе А.М. Khemakhem и соавт. [36] выявлено, что недостаточная концентрация коэнзима-Q₁₀ в сыворотке крови играет роль в степени тяжести проявления расстройств аутистического спектра. Показано, что уровень витамина А в сыворотке крови был снижен в группе с аутизмом и его отрицательные уровни достоверно

Таблица 1. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах

Table 1. Norms of physiological needs for energy and nutrients

Показатель (в сутки)	7–11 лет	12 лет — 23 года и старше
Энергия, ккал	3209	3715
Белки, г	111,1	130
Жиры, г	118,8	133
Углеводы, г	424	498

коррелировали с тяжестью течения аутизма; таким образом, снижение уровня витамина А в сыворотке крови может играть патогенетическую роль при аутизме [38]. Показано, что пироксидин (витамин В₆) впервые был использован у детей с диагнозом «синдром аутизма», а при применении пироксидина наблюдалось улучшение речи у некоторых детей [39]. В ряде исследований установлена высокая частота непереносимости глютена у детей с расстройствами аутистического спектра [40–44]. В целом многие работы носят фактологический (устанавливающий взаимосвязь) или рекомендательный характер, но конкретных подробных программ и нормативов по питанию детей с ограниченными возможностями здоровья, тем более с учетом регионального компонента, нами не обнаружено.

Проанализированный рацион для группы лиц в возрасте 7–11 лет содержит в среднем 123 г белка, 100 г липидов и 489 г углеводов с энергетической ценностью рациона 3360 ккал/сут. Энергетический вклад белков, жиров и углеводов в рацион имеет соотношение 15:27:59%; отмечена высокая доля моно- и дисахаридов в рационе (170 г), что составляет 19% от вклада в суточный рацион.

Рацион для лиц 7–11 лет характеризуется повышенным вкладом в суточную энергетическую ценность ржаного и пшеничного хлеба (38,2%), обеспечением необходимого уровня клетчатки практически за счет пищевых волокон ржаного хлеба

(42,5%) и частичного вклада перловой крупы (19,5%). Анализируемый рацион характеризуется дефицитными проявлениями следующих микронутриентов и витаминов: каротина (95% от суточной нормы), В₁ — 96%, В₆ — 81%, В₉ — 37%, С — 74%, D — 26%, К — 42%, I — 55%, Zn — 71%. В анализируемом рационе отмечено 2,7 г омега-3-полиненасыщенных жирных кислот, что соответствует 75% суточной нормы и обеспечиваемой в основном пшеничным хлебом.

Состав рациона из представленного меню для группы лиц 12–23 лет составляет в среднем 145 г белков, 110 г липидов, 572 г углеводов с энергетической ценностью 3893 ккал. Энергетический вклад белков, жиров и углеводов в рацион имеет следующее соотношение 15:26:59% с увеличенной долей моно- и дисахаридов (160 г) до 17% (рекомендация ВОЗ не более 80 г и 10%). При этом 42,1% энергетической ценности и 63,8% клетчатки (12,8 г) обеспечиваются за счет хлеба из пшеничной и ржаной муки (400 г/сут), что не соответствует современным принципам рационального питания. Анализируемое меню характеризуется сниженным уровнем омега-3-полиненасыщенных жирных кислот (2,5 г, или 60% от нижней границы нормы для центральных регионов России). Кроме того, анализируемый рацион обеспечивает организм менее чем на 23% от текущей потребности в витамине D, витамине В₆ — на 88%, витамине С — на 85%, витамине К — на 25%, I — на 58%, Zn — на 69%.

Таблица 2. Средняя суточная потребность в энергии для детей г. Магадана (в соответствии с физиологическими потребностями в энергии и пищевых веществах для детей всех возрастных групп) [9]

Table 2. Average values of daily energy requirements for children of Magadan (in accordance with the physiological needs for energy and nutrients for children of all age groups) [9]

Возраст, годы	Масса тела, кг	Основной обмен, ккал/сут	Северная надбавка (+15%), ккал/сут	I группа (низкая физическая активность), ккал/сут	II группа физической активности, ккал/сут
Мальчики					
11	36	863	993	1389,8	1588,4
12	43	1027	1181	1653,8	1890,0
13	50	1199	1379	1930,1	2205,8
14	56	1335	1536	2149,9	2457,0
15	62	1499	1724	2413,3	2758,1
16	68	1623	1866	2612,9	2986,2
17	67	1606	1847	2585,2	2954,5
Девочки					
11	39	933	1073	1502,6	1717,3
12	43	1021	1174	1644,2	1879,1
13	47	1139	1309	1833,0	2094,8
14	52	1253	1441	2017,0	2305,2
15	58	1398	1608	2250,6	2572,1
16	56	1339	1540	2156,5	2464,6
17	57	1360	1564	2189,1	2501,8

Проанализированные рационы характеризуется выраженными отклонениями от действующих норм физиологических потребностей, макронутриентов микроэлементного, витаминного состава и избыточной энергетической обеспеченностью. Так, проанализированный рацион двух возрастных групп характеризовался выраженной недостаточностью как по микроэлементному, так и по витаминному составу. Микронутриентный и витаминный состав рациона имел дефицитный характер, что проявлялось более выраженным снижением содержания витамина B₆ (менее 81% в группе 7–11 лет и 88% в группе 12–23 года), B₉ (менее 37% и 45% в группах 7–11 и 12–23 лет соответственно), витамина С (74 и 85% соответственно), витамина D (снижение до 26% у 7–11-летних и до 23% в старшей возрастной группе), витамина К (снижение до 42 и 25%), I (менее 55% у 7–11-летних и 58 % у 12–23-летних), Zn (71 и 69% соответственно).

В меню двух обследованных групп отмечена низкая доля омега-3-полиненасыщенных жирных кислот (2,7 и 2,5 г соответственно), что составляет 70–75% суточной нормы потребления, при этом обеспечение данным макронутриентом происходит в основном за счет хлеба из пшеничной муки. Необходимо отметить, что проанализированный рацион характеризуется излишней энергетической обеспеченностью, превышающей нормативный диапазон для данных возрастных групп, при этом большая часть суточной энергетической ценности обеспечивается за счет хлеба из ржаной и пшеничной муки (400 г у 12–23-летних и 300 г в группе лиц 7–11 лет).

Таким образом, анализируемое меню как для группы лиц 7–11 лет, так и для более старшей возрастной группы (12–23 года), характеризуется выраженными отклонениями от рекомендуемых нормативных показателей потребностей в пищевых веществах и энергии. Исследованные рационы содержат излишнее количество углеводов на фоне недостаточного содержания жиров при повышенной суточной энергетической ценности, необходимой для детей данных возрастных групп, ведущих достаточно активный образ жизни. При этом рационы характеризовались недостаточностью и несбалансированностью по микро- и макронутриентному составу. В целом фактическое питание характеризуется низкой долей жиров, выраженным дефицитом витаминов и микроэлементов, нарушением соотношения жирных кислот, низкой долей фруктов и овощей на фоне высокой доли ди- и моноуглеводов и избыточной энергетической ценностью.

Важно отметить, что рост и развитие детей происходят в условиях северных территорий, для которых характерна особенность рациона в связи с воздействием экстремальных факторов окружающей среды. Так, сформулированная Л.Е. Паниным в 1978 г. [45] концепция о формировании «полярного

метаболического типа» у жителей Севера в настоящее время признана во многом основополагающей, ведущий признак в которой — снижение энергетической роли углеводов на фоне усиленного липидного и белкового обменов, т.е. происходит переключение энергетического обмена с углеводного типа на липидный [46]. Данные изменения метаболизма служат физиологической адаптацией к «северному стрессу» и обусловлены непосредственным влиянием метеорологических и гелиогеофизических факторов [46, 47]. В работе указывается, что рацион с соотношением белков, жиров и углеводов 16:40:44% является оптимальным для европеоидного населения Крайнего Севера, так как обладает антиатерогенными и антистрессорными свойствами. При углеводном обмене веществ, когда в структуре питания преобладают углеводы (до 64%), отмечаются неадекватные перестройки эндокринной системы, сопровождающиеся активацией гипофизарно-надпочечниковой системы и снижением концентрации липопротеидов высокой плотности, увеличением содержания триглицеридов в липидограмме [45]. «Северный» тип метаболизма обуславливает необходимость преобладания белково-жировых компонентов в пище, а также определенных соотношений не только белков, жиров и углеводов, но и витаминов, макро-, микроэлементов и других «минорных» компонентов пищи [46, 48].

Совместное консультативное совещание экспертов ВОЗ и Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций по рациону и профилактике хронических заболеваний позволило сделать заключение, что, согласно имеющимся данным, достаточное количество клетчатки в рационе связано с потенциальными преимуществами для здоровья; в частности это играет важную роль в профилактике ожирения, сахарного диабета, сердечно-сосудистых заболеваний и даже различных видов рака [49]. В соответствии с рекомендациями ВОЗ современный рацион должен характеризоваться повышенной долей фруктов и овощей до 400 г (это приблизительно 1 огурец, 1 помидор, 1 яблоко, 1 банан, 2 больших абрикоса, 1 апельсин, половина грейпфрута, несколько ягод клубники, 1 морковь) [50]. Свежие фрукты можно заменять сухофруктами. В этом случае норма будет меняться: 80 г свежих соответствуют 30 г в сушеном виде, необходимым снижением доли трансжиров, а также снижением доли моно- и дисахаридов — менее 10% от суточной энергетической ценности (стремиться к 5%).

Заключение

Важную роль в контексте представленного обзора литературы и собственных данных играет то, что полученные результаты необходимы для формирования рекомендаций, направленных на коррекцию рациона с целью устранения выраженных дефицитов основных макро- и микронутриентов и избытка моно- и дисахаридов в рационе у детей с наруше-

ниями в ментальной сфере. Эти нарушения служат определенными факторами риска развития хронических заболеваний, которые в том числе могут формироваться одновременно с имеющимся нарушениями. Таким образом, проведенный обзор литературы и данные о фактическом рационе жителей Магаданской области, в частности детей и подростков с ограниченными возможностями здоровья, позволили нам сделать некоторые заключения об особенностях питания для детей с ментальными нарушениями и сформировать рекомендации, направленные на оптимизацию рациона детей при проживании в условиях Севера:

- снижение в рационе доли рафинированных сахаров, газированных напитков, энергоемких продуктов;
- уход от высокоуглеводной диеты;
- повышение доли омега-3-полиненасыщенных жирных кислот;

— соблюдение в рационе достаточного количества витаминов D, A, B₆, B₁₂, микроэлементов — Zn, Se и Mg;

— соблюдение, по возможности, безглютеновой и безказеиновой диеты;

— добавление в рацион коэнзима Q (CoQ₁₀).

— повышение доли фруктов в рационе.

В соответствии с концепцией «полярного метаболического типа» и рекомендациям ВОЗ необходимо сбалансировать питание по основным макронутриентам — белки: жиры: углеводы = 16:40:44%. Для этого необходимо повысить калорийность рациона за счет белков животного происхождения (увеличение употребления рыбы, мяса, исключая красное, мясопродуктов, яиц); увеличить долю жиров животного происхождения; уменьшить долю простых углеводов за счет крахмалсодержащих продуктов, хлебобулочных и кондитерских изделий; увеличить содержание клетчатки за счет фруктов, овощей, бобовых, орехов и семян.

ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

1. WHO. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. WHO technical report series 916. 2003. Geneva, Switzerland. <https://doi.org/10.1093/ije/dyh209> Ссылка активна на 20.06.2021.
2. Van Staveren W.A., de Groot L.C.P., Blauw Y.H., Van der Wiel R.P. Assessing diets of elderly people: problems and approaches. *Am J Clin Nutr* 1994; 59: 221–223. DOI: 10.1093/ajcn/59.1.221s
3. Braunschweig C.L., Gomez S., Sheean P. Nutritional Status and Risk Factors for Chronic Disease in Urban-Dwelling Adults With Down Syndrome. *Am J Mental Retard* 2004; 109: 186. DOI: 10.1352/0895–8017(2004)109<186:NSARF F>2.0.CO;2
4. Humphries K., Traci M.A., Seekins T. Nutrition education and support program for community-dwelling adults with intellectual disabilities. *Intellect Dev Disabil* 2008; 46(5): 335–345. DOI: 10.1352/2008.46:335–345
5. Child and Adolescent Health Measurement Initiative. National Survey of Children's Health, 2007. Data Resource Center on Child and Adolescent Health website. <http://www.nschdata.org>. 2012. (Ссылка активна на 25.06.2021.)
6. Kopetz P.B., Endowed E.D.I. Autism worldwide: prevalence, perceptions, acceptance, action. *J Soc Sci* 2012; 8(2): 196. DOI: 10.3844/jssp.2012.196.201
7. Howard A.L., Robinson M., Smith G.J., Ambrosini G.L., Piek J.P., Oddy W.H. ADHD is associated with a "Western" dietary pattern in adolescents. *J Atten Disord* 2011; 15(5): 403–411. DOI: 10.1177/1087054710365990
8. Millichap J.G., Yee M.M. The diet factor in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Pediatrics* 2012; 129(2): 330–337. DOI: 10.1542/peds.2011–2199
9. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации. МП 2.3.1.2432–08. М., 2008; 41. [Norms of physiological needs in energy and food substances for various groups of the population of the Russian Federation. Methodological recommendations. MP 2.3.1.2432–08. М., 2008; 41]
10. Организация питания детей дошкольного и школьного возраста в организованных коллективах. Методические рекомендации 2.4.5.0107–15 М., 2016; 9. [Methodological recommendations 2.4.5.0107–15 "Organization of nutrition of preschool and school-age children in organized groups" М., 2016; 9.]
11. Guesnet P., Alessandri J.M. Docosahexaenoic acid (DHA) and the developing central nervous system (CNS) — implications for dietary recommendations. *Biochimie* 2011; 93(1): 7–11. DOI: 10.1016/j.biochi.2010.05.005
12. Kris-Etherton P.M., Grieger J.A., Etherton T.D. Dietary reference intakes for DHA and EPA. *Prostagl Leukot Essent Fat Acids* 2009; 81(23): 99–104. DOI: 10.1016/j.plefa.2009.05.011
13. Stevens L.J., Zental S.S., Deck J.L., Abate M.L., Watkins B.A., Lipp S.R., Burgess J.R. Essential fatty acid metabolism in boys with attention-deficit hyperactivity disorder. *Am J Clin Nutr* 1995; 62: 761–768. DOI: 10.1093/ajcn/62.4.761
14. Vancassel S., Blondeau C., Lallemand S., Cador M., Linard A., Lavialle M., Dellu-Hagedorn F. Hyperactivity in the rat is associated with spontaneous low level of n-3 polyunsaturated fatty acids in the frontal cortex. *Behavioural Brain Res* 2007; 180: 119–126. DOI: 10.1016/j.bbr.2007.02.032
15. Lauria H.A., Waldrop J. Health Promotion for Individuals With Intellectual Disabilities in the Community. *The Journal for Nurse Practitioners* 2020; 19: 3–41. DOI: 10.1016/j.nurpra.2019.09.004
16. McCann D., Barrett A., Cooper A., Crumpler D., Dalen L., Grimshaw K., Stevenson J. Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community: A randomised, double-blinded, placebo-controlled trial. *Lancet* 2007; 370: 1560–1567. DOI: 10.1016/s0140–6736(07)61306–3
17. James S.J., Melnyk S., Fuchs G., Reid T., Jernigan S., Pavliv O. et al. Efficacy of methylcobalamin and folic acid treatment on glutathione redox status in children with autism. *Am J Clin Nutr* 2009; 89: 425–430. DOI: 10.3945/ajcn.2008.26615
18. Lien L., Lien N., Heyerdahl S., Thoresen M., Bjertness E. Consumption of Soft Drinks and Hyperactivity, Mental Distress, and Conduct Problems Among Adolescents in Oslo, Norway. *Am J Public Health* 2006; 96(10): 1815–1820. DOI: 10.2105/ajph.2004.059477
19. El-Baz F.M., Youssef A.M., Khairy E., Ramadan D., Youssef W.Y. Association between circulating zinc/ferritin levels and parent Conner's scores in children with attention defi-

- cit hyperactivity disorder. *Eur Psychiatry* 2019; 62: 68–73. DOI: 10.1016/j.eurpsy.2019.09.002
20. *Kozielec T., Starobrat-Hermelin B.* Assessment of magnesium levels in children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). *Magnesium Res* 1997; 10: 143–148. DOI: 10.1007/springerreference_81564
21. *Mahmoud M.M., El-Mazary A.A., Maher R.M.* Zinc, ferritin, magnesium and copper in a group of Egyptian children with attention deficit hyperactivity disorder. *Italian J Pediatr* 2011; 37: 60. DOI: 10.1186/1824-7288-37-60
22. *Bloch M.H., Mulqueen J.* Nutritional supplements for the treatment of ADHD. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America* 2014; 23: 883–897. DOI: 10.1016/j.jchc.2014.05.002
23. *Агаджанян Н.А., Нотова С.В.* Элементный статус волос на этапах развития стрессорной реакции организма. Вестник Оренбургского государственного университета 2005; 11: 59–61. [*Agadzhanjan N.A., Notova S.V.* Elemental status of hair at the stages of development of the body's stress response. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* 2005; 11: 59–61. (in Russ.)]
24. *Горбачев А.Л., Луговая Е.А.* Особенности элементного статуса детей с расстройством аутистического спектра. Микроэлементы в медицине 2019; 20 (3): 20–30. [*Gorbachev A.L., Lugovaya E.A.* Features of the elemental status of children with autism spectrum disorder. *Mikroelementy v meditsine* 2019; 20(3): 20–30. (in Russ.)] DOI: 10.19112/2413-6174-2019-20-3-20-30
25. *Sidrak S., Yoong T., Woolfenden S.* Iron deficiency in children with global developmental delay and autism spectrum disorder. *J Paediatr Child Health* 2014; 50: 356–361. DOI: 10.1111/jpc.12483
26. *Bener A., Khattab A. O., Bhugra D., Hoffmann G. F.* Iron and vitamin D levels among autism spectrum disorders children. *Ann Afr Med* 2017; 16(4): 186. DOI: 10.4103/aam.aam_17_17
27. *Костина О.В.* Роль железа в патогенезе расстройств аутистического спектра у детей. Вопросы современной педиатрии 2018; 17(4): 281–286. [*Kostina O.V.* The role of iron in the pathogenesis of autism spectrum disorders in children. *Voprosy sovremennoi pediatrii* 2018; 17(4): 281–286. (in Russ.)] DOI: 10.15690/vsp.v17i4.1920
28. *Pivina L., Semenova Y., Dosa M., Dauletyarova M., Bjorklund G.* Iron deficiency, cognitive functions, and neurobehavioral disorders in children. *J Mol Neurosci* 2019; 68 (1): 1–10. DOI: 10.1007/s12031-019-01276-1
29. *McGrath J., Saari K., Hakko H., Jokelainen J., Jones P., Jarvelin M.R. et al.* Vitamin D supplementation during the first year of life and risk of schizophrenia: a Finnish birth cohort study. *Schizophr Res* 2004; 67: 237–245. DOI: 10.1016/j.schres.2003.08.005
30. *McGrath J.J., Eyles D.W., Pedersen C.B., Anderson C., Ko P., Burne T.H. et al.* Neonatal vitamin D status and risk of schizophrenia: a population-based case-control study. *Arch Gen Psychiatr* 2010; 67: 889–894. DOI: 10.1001/archgenpsychiatry.2010.110
31. *Berk M., Sanders K.M., Pasco J.A., Jacka F.N., Williams L.J., Hayles A.L. et al.* Vitamin D deficiency may play a role in depression. *Med Hypotheses* 2007; 69: 1316–1319. DOI: 10.1016/j.mehy.2007.04.001
32. *Howland R.H.* Vitamin D and depression. *J Psychosoc Nurs Ment Health Serv* 2011; 49:15–18. DOI: 10.3928/02793695-20110111-02
33. *Lerner P.P., Sharony L., Miodownik C.* Association between mental disorders, cognitive disturbances and vitamin D serum level: Current state. *Clinical Nutrition ESPEN* 2018; 23: 89–102. DOI: 10.1016/j.clnesp.2017.11.011
34. *Grung B., Sandvik A.M., Hjelle K., Dahl L., Froyland L., Nygard I. et al.* Linking vitamin D status, executive function-
ing and self-perceived mental health in adolescents through multivariate analysis: a randomized double-blind placebo control trial. *Scand J Psychol* 2017; 58: 123–130. DOI: 10.1111/sjop.12353
35. *Hebert K.J., Miller L.L., Joinson C.J.* Association of autistic spectrum disorder with season of birth and conception in a UK cohort. *Autism Res* 2010; 3: 185–190. DOI: 10.1002/aur.136
36. *Khemakhem A.M., Frye R.E., El-Ansary A.* Novel biomarkers of metabolic dysfunction in autism spectrum disorder: potential for biological diagnostic markers. *Metab Brain Dis* 2017; 32(6): 1–15. DOI: 10.1007/s11011-017-0085-2
37. *Zhou W., Li S.* Decreased levels of serum retinoic acid in Chinese children with autism spectrum disorder. *Psychiatry Research* 2018; 269: 469–473. DOI: 10.1016/j.psychres.2018.08.091
38. *Avraham Y., Berry E.M., Donskoy M., Ahmad W.A., Vorobiev L., Albeck A., Mankuta D.* Beta-carotene as a novel therapy for the treatment of “Autistic like behavior” in animal models of Autism. *Behav Brain Res* 2019; 364: 469–479. DOI: 10.1016/j.bbr.2017.09.041
39. *Li Y.J., Li Y.M., Xiang D.X.* Supplement intervention associated with nutritional deficiencies in autism spectrum disorders: a systematic review. *Eur J Nutrition* 2018; 57 (7): 2571–2582. DOI: 10.1007/s00394-017-1528-6
40. *Бавыкина И.А., Звягин А.А., Петрова И.В., Настаусева Т.Л.* Маркеры непереносимости глютена у детей с расстройствами аутистического спектра и синдромом Дауна. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова 2018; 118 (5–2): 64–68. [*Bavykina I.A., Zvjagin A.A., Petrova I.V., Nastausheva T.L.* Markers of gluten intolerance in children with autism spectrum disorders and Down syndrome. *Zhurnal nevrologii i psichiatrii im. S.S. Korsakova* 2018; 118 (5–2): 64–68. (in Russ.)] DOI: 10.17116/jnevro20181185264
41. *Звягин А.А., Бавыкина И.А., Бавыкин Д.В.* Гастроэнтерологическая симптоматика у детей с расстройствами аутистического спектра. Вопросы детской диетологии 2018;16(2): 52–55. [*Zvjagin A.A., Bavykina I.A., Bavykin D.V.* Gastroenterological symptoms in children with autism spectrum disorders. *Voprosy detskoj dietologii* 2018; 16(2): 52–55. (in Russ.)] DOI: 10.20953/1727-5784-2018-2-52-55
42. *Cekici H., Sanlier N.* Current nutritional approaches in managing autism spectrum disorder: A review. *Nutr Neurosci* 2017; 1: 1–11. DOI: 10.1080/1028415x.2017.1358481
43. *Lange K.W., Hauser J., Reissmann A.* Gluten-free and casein-free diets in the therapy of autism. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2015; 18 (6): 572–575. DOI: 10.1097/mco.0000000000000228
44. *Звягин А.А., Бавыкина И.А.* Эффективность безглютеновой диеты в терапии расстройств аутистического спектра у детей. Педиатрия 2017; 96 (6): 197–200. [*Zvjagin A.A., Bavykina I.A.* Gluten-free diet effectiveness in treatment of autism spectrum disorders in children. *Pediatriya* 2017; 96(6): 197–200. (in Russ.)] DOI: 10.24110/0031-403X-2017-96-6-197-200
45. *Панин Л.Е.* Энергетические аспекты адаптации. Л.: Медицина, 1978; 190. [*Panin L.E.* Energy aspects of adaptation. L.: Meditsina, 1978; 190. (in Russ.)]
46. *Бойко Е.Р.* Физиолого-биохимические основы жизнедеятельности человека на Севере. Екатеринбург: УрО РАН, 2005; 191. [*Boyko E.R.* Physiological and biochemical foundations of human life in the North. Yekaterinburg: Uro RAS, 2005; 191 (in Russ.)]
47. *Кочан Т.И.* Годовой мониторинг влияния условий Севера на метаболизм и функционирование сердечно-сосудистой системы человека. Успехи физиологических наук 2007; 1: 55–65. [*Kochan T.I.* Annual monitoring of the im-

part of Northern conditions on the metabolism and functioning of the human cardiovascular system. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk* 2007; 1: 55–65. (in Russ.)]

48. Буганов А.А., Агабалян А.А., Ионова И.Е. Влияние фактора питания на состояние здоровья населения Крайнего Севера. *Медицина труда и промышленная экология* 2003; 4: 25–28. [Buganov A.A., Agabalyan A.A., Ionova I.E. Influence of nutrition factor on health state of Far North population. *Meditina truda i promyshlennaya ekologiya* 2003; 4: 25–28. (in Russ.)]

49. Nishida C., Uauy R., Kumanyika S., Shetty P. The joint WHO/FAO expert consultation on diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: process, product and policy implications. *Public Health Nutr* 2004; 7(1a): 245–250. DOI: 10.1079/phn2003592
50. WHO global strategy on diet, physical activity and health: a framework to monitor and evaluate implementation. Geneva, Switzerland. 2004; 34. DOI: 10.1108/nfs.2004.01734eab.024

Поступила: 18.08.21

Received on: 2021.08.21

Источник финансирования:

Бюджетное финансирование НИЦ «Арктика» ДВО РАН в рамках выполнения темы «Исследование физиологических механизмов перекрестных адаптаций (гипоксия, холод, гиперкапния) и их следовых реакций у человека в целях отбора и прогноза его работоспособности в экстремальных природно-климатических и техногенных условиях окружающей среды».

Конфликт интересов:

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Source of financing:

Budget financing of the SRC “Arktika” FEB RAS within the framework of the research theme entitled “Study of the physiological mechanisms of cross-adaptation (hypoxia, cold, hypercapnia) and their trace reactions in humans for the purpose of selecting and predicting their performance in extreme climatic and technogenic environmental conditions”.

Conflict of interest:

The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.