

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СТАТУС ДЕТЕЙ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

**И.Ю. Тармаева^{1,2,3*}, Е.П. Лемешевская³, И.Г. Погорелова³, А.В. Мелерзанов⁴,
Н.А. Тармаева³**

¹ ФИЦ питания и биотехнологии, Москва

² Российский университет дружбы народов, Москва

³ Иркутский государственный медицинский университет, г. Иркутск

⁴ Московский физико-технический институт (Национальный исследовательский университет), Москва

РЕЗЮМЕ. Одним из основных факторов по степени неблагоприятного воздействия на человека является недостаток в поступлении макро- и микроэлементов, нарушение их соотношений в рационе питания, что непосредственно сказывается на деятельности организма и может проявляться снижением сопротивляемости и способности к адаптации. В ходе выполнения работы по изучению элементного статуса детского населения было проведено исследование отобранных образцов волос детей бурятской национальности дошкольного возраста, проживающих в г. Улан-Удэ. Обследовано 50 детей дошкольного возраста (4–6 лет). Анализ имеющихся данных о количественном содержании химических элементов в волосах детей дошкольного возраста показал, что в целом характерно значительное распространение недостаточности эссенциальных макро- и микроэлементов, в первую очередь йода (у 70,5% обследованных), кремния (43,2%), магния (27,3), цинка (47,7%), меди (84,1%), кобальта (79,5%). Также наблюдается достаточно высокая встречаемость избыточного содержания фосфора (25%) и бора (45,5%), натрия и калия (60%), кальция (18,2%). Сопоставление результатов многоэлементного анализа волос с ростом, весом и индексом массы тела дошкольников показывает, что указанные антропометрические параметры коррелируют отрицательно, главным образом с содержанием в волосах металлов-экоотоксикантов, и положительно – с уровнем эссенциальных элементов магния и цинка.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: микроэлементы, дети, анализ волос, питание.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных звеньев в общем комплексе мероприятий по укреплению здоровья и профилактике заболеваний у различных категорий населения является рациональное питание. При этом особое значение уделяется организации оптимального питания детей, поскольку именно состояние здоровья детского населения определяет перспективы формирования жизненного, репродуктивного и трудового потенциалов нации в целом (Мартинчик и др., 2005; Тутельян и др., 2007; Баранов и др., 2012; Онищенко и др., 2013; Полунина, 2013, Кучма и др., 2014). Государственная политика в области здорового питания – это, прежде всего, удовлетворение различных категорий населения в рациональном питании с учетом экономического положения, национальных традиций, привычек. Изучение особенностей питания бурят, проживающих в Сибири,

позволило установить, что оно носит белково-липидный характер, что обусловлено, в том числе, длительным влиянием суровых факторов внешней среды (Ядрышникова, Клочкова, 1995; Кулакова, 1999; Тармаева, 2009). В ряде исследований указывается, что ведущим фактором по степени неблагоприятного воздействия на человека является недостаток в поступлении макро- и микроэлементов, нарушение их соотношений в рационе питания, что непосредственно сказывается на деятельности организма и может проявляться снижением сопротивляемости и способности к адаптации. При этом дефицит микронутриентов может развиваться на фоне достаточной обеспеченности организма углеводами, белками и жирами и приводить к развитию алиментарно-зависимых заболеваний (Доценко, 2007; Тутельян и др., 2007; Скальный и др., 2004; Киреева, 2015; Скальная, 2009) Вместе с тем необходимо

* Адрес для переписки:
Тармаева Инна Юрьевна
E-mail: t38_69@mail.ru

отметить, что проблема распространенности дисбалансов макро- и микроэлементов в различных регионах Российской Федерации, в том числе в Республике Бурятия, до настоящего времени остается недостаточно изученной. Кроме того, практически отсутствуют работы по изучению элементного статуса у детей в организованных коллективах этнических групп бурятской национальности. Тогда как элементный статус детского населения в основном формируется за счет оптимального питания и в большей степени зависит от обеспеченности рационов питания микронутриентами, а также от сбалансированности роста и развития с состоянием питания и выделительных систем организма (Туркенбаева, 2004; Эверстова, 2006; Лобанова, 2007; тармаева, Погорелова, 2014; Скальный, 2018).

Цель исследования – изучение элементного статуса детей этнической группы организованных коллективов Республики Бурятия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Многоэлементный анализ волос является адекватным методом неинвазивной экологигиенической и токсикологической диагностики состояния минерального обмена, как на индивидуальном, так и на популяционном уровнях, который хорошо коррелируется с большинством накопленных к настоящему времени сведений о связи избыточного накопления или недостаточного содержания в организме значимых макро- и микроэлементов с формированием как донозологических, так и клинически манифестировавших состояний и болезней (Скальная, Нотова, 2004; Grabeklis et al., 2011).

В ходе выполнения работы по изучению элементного статуса детского населения проведено исследование отобранных образцов волос детей бурятской национальности, проживающих в г. Улан-Удэ и посещающих дошкольные образовательные учреждения (ДОУ). Обследовано 50 детей дошкольного возраста (4–6 лет).

При формировании статистической совокупности использовали выборочный способ с типологическим отбором с одновременным непосредственным наблюдением. Отбор образцов волос проводили с согласия родителей и в их присутствии. Анализ выполняли методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой

(ИСП-МС) на базе аккредитованной лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (г. Москва; ISO 9001:2008 сертификат 54Q10077 от 21.05.2010 г.) (Иванов и др., 2003; Скальный, 2003; Rao, et al., 2002; Rodushkin, Axelsson, 2003).

Содержание химических элементов определяли с использованием ИСП-МС-спектрометра ELAN 9000 (Perkin Elmer – SCIEX, Канада). Для градуировки использовали моноэлементные стандартные растворы фирмы PerkinElmer (США) (Nardi et al., 2009; Griboff et al., 2017).

Качество определения контролировали посредством референтного образца GBW09101 (Шанхайский институт ядерных исследований, КНР).

В биосубстратах определяли содержание 25 химических элементов: Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, I, Mg, Mn, Na, P, Se, Si, Zn – эссенциальных и условно эссенциальных, а также Al, As, Be, Cd, Hg, Li, Ni, Pb, Sn, Ti, V – токсичных и условно токсичных (мг/кг и мкг/мл). Для определения содержания химических элементов использовали приборы атомно-эмиссионного (Optima 2000DV, Perkin Elmer Corp. – определение Ca, Mg, P, Zn, K, Na) и масс-спектрального (ELAN 9000, Perkin Elmer Corp. – определение Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Se, Si, Sn, Ti, V) анализа с индуктивно-связанной плазмой, а также систему микроволнового разложения (Multiwave 3000, Perkin Elmer – A. Paar).

Определение массы тела является базовым показателем при оценке состояния питания. Наиболее информативный и доступный способ выявления измененной массы тела – вычисление индекса массы тела (ИМТ). У обследованных детей бурятской национальности определяли массу тела (МТ) и рост (Р) по общепринятой методике (Рзянкина, Андрюшкина, 2005), рассчитывали индекс массы тела Кетле (ИМТ).

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета программ Microsoft Excel 2007 и Statistica 6.0. Достоверность различий данных оценивали с использованием критерия Стьюдента. Взаимосвязи между содержанием химических элементов в фактических рационах питания и уровнем содержания этих элементов в волосах, а также основными антропометрическими характеристиками детей устанавливали с помощью метода непараметрического корреляционного анализа по Спирмену.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно полученным данным, у воспитанников ДООУ г. Улан-Удэ практически не выявляются отклонения в содержании токсичных химических элементов (табл. 1).

Так, из числа основных токсикантов только свинец обнаруживается в повышенном количестве у 6,8% детей, содержание прочих токсичных металлов и мышьяка не выходит за пределы нормального диапазона в 100% случаев. При этом указанные отклонения в содержании свинца

наблюдаются у детей из двух обследованных дошкольных учреждений – ДООУ № 67 и ДООУ № 31, где они зарегистрированы соответственно у одного и двух детей. В двух других ДООУ – № 3 и № 89 – повышенного содержания свинца в волосах детей также не обнаружено. Указанные результаты, по-видимому, можно рассматривать как свидетельство отсутствия значимой антропогенной (техногенной) нагрузки в зонах проживания обследованных детей и районах расположения детских садов.

Таблица 1. Частота встречаемости отклонений в элементном составе волос у воспитанников ДООУ г. Улан-Удэ

Элемент	Содержание, %				
	Ниже нормы	Нижняя граница	Норма	Верхняя граница	Выше нормы
Al	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
As	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
B	0,0%	0,0%	52,3%	2,3%	45,5%
Be	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
Ca	0,0%	4,5%	65,9%	11,4%	18,2%
Cd	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
Co	79,5%	20,5%	0,0%	0,0%	0,0%
Cr	18,2%	9,1%	54,5%	0,0%	18,2%
Cu	84,1%	2,3%	11,4%	0,0%	2,3%
Fe	15,9%	2,3%	63,6%	2,3%	15,9%
Hg	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
I	70,5%	4,5%	25,0%	0,0%	0,0%
K	2,3%	2,3%	27,3%	0,0%	68,2%
Li	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
Mg	6,8%	9,1%	70,5%	2,3%	11,4%
Mn	27,3%	13,6%	50,0%	2,3%	6,8%
Na	4,5%	2,3%	27,3%	2,3%	63,6%
Ni	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
P	11,4%	0,0%	34,1%	29,5%	25,0%
Pb	0,0%	0,0%	93,2%	2,3%	4,5%
Se	6,8%	2,3%	90,9%	0,0%	0,0%
Si	43,2%	9,1%	38,6%	0,0%	9,1%
Sn	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
V	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
Zn	47,7%	4,5%	45,5%	2,3%	0,0%

В то же время проведенный анализ выявил большое количество отклонений в содержании эссенциальных (жизненно необходимых) и условно эссенциальных химических элементов. Прежде всего, следует обратить внимание на пониженный уровень кобальта в волосах обследо-

ванных, который, согласно полученным данным, носит тотальный характер и выражен в равной степени во всех обследованных детских садах.

Весьма выражен также недостаток меди и йода, в несколько меньшей степени – кремния, марганца и цинка (табл. 1, рис. 1).

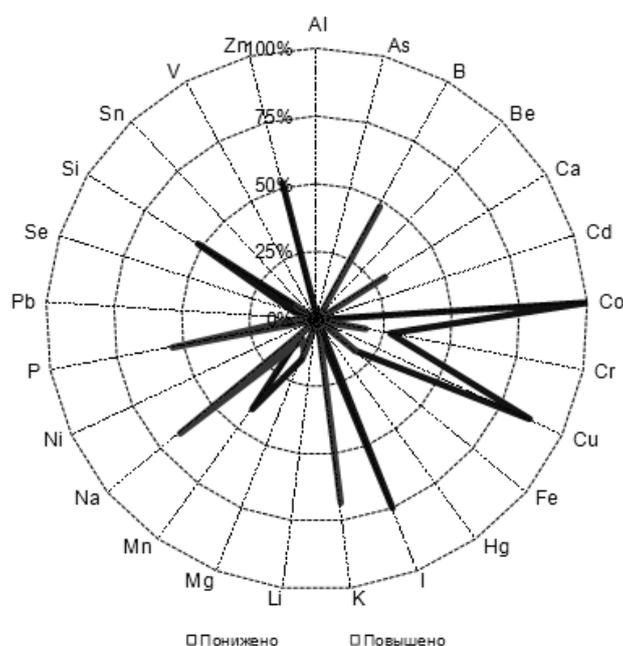


Рис. 1. Распространённость отклонений в элементном составе волос у воспитанников ДОУ г. Улан-Удэ

Пониженное содержание меди в волосах отмечено у всех обследованных детей из ДОУ № 89 и № 67 и более чем у 75% детей из ДОУ № 3 и № 31. Содержание йода находится в границах нормы лишь у 25% обследованных дошкольников. По содержанию кремния в волосах детей среди обследованных дошкольных учреждений также отмечается неоднородность, причем в этом случае она достигает уровня статистически достоверной ($p < 0,05$). Так, у детей из ДОУ № 31 отмечается крайне низкое содержание кремния в волосах в сравнении с дошкольниками из других детских садов (табл. 2). Пониженный уровень кремния отмечен у 88 % детей из этого ДОУ, тогда как в ДОУ № 3 он зарегистрирован лишь у половины обследованных, в ДОУ № 89 не отмечен вообще, а в ДОУ № 67 у 27% детей отмечено повышенное содержание кремния в волосах.

Более чем у 60% обследованных дошкольников обнаружено повышенное содержание

натрия и калия, свидетельствующее о риске нарушений водно-солевого обмена. Наиболее благополучны в этом отношении дети, посещающие ДОУ № 3, где указанные отклонения выявлены у 38,5% обследованных воспитанников.

В меньшей степени выражен у дошкольников избыток кальция в волосах. Тем не менее почти у трети обследованных воспитанников организованных коллективов отмечается повышенный уровень этого химического элемента в образцах, что может означать его потерю организмом.

У обследованных дошкольников наблюдается достаточно высокая встречаемость избыточного содержания фосфора и бора. Повышенным уровнем этих химических элементов в волосах характеризуется около половины детей. Пониженное содержание фосфора зарегистрировано только у детей в ДОУ № 67, однако при этом характерно для 45,5% воспитанников, в то время как доля детей с повышенным уровнем фосфора составляет здесь 27,3%.

Таблица 2. Содержание химических элементов в волосах детей ДООУ г. Улан-Удэ, мг/кг

Элемент	Me (q25-q75)*				
	ДООУ №3	ДООУ №31	ДООУ №67	ДООУ №89	
Al	6,15 (4,3–7,48)	7,32 (4,62–10,92)	8,91 (4,98–19,96)	7,37 (4,36–10,28)	6,95 (4,88–10,34)
As	<0,03(<0,03–0,045)	0,073(0,057–0,106)	0,089(0,066–0,118)	0,034(<0,03–0,057)	0,063(0,042–0,101)
B	6,47 (2,55–10,71)	4,33 (2,55–5,94)	4,08 (2,52–5,77)	4,37 (1,62–6,97)	4,60 (2,48–6,77)
Be	<0,002(<0,002–<0,002)	<0,002(<0,002–<0,002)	<0,002(<0,002–<0,002)	<0,002(<0,002–<0,002)	<0,002(<0,002–<0,002)
Ca	329,8(235,2–410,4)	369,7(328,7–412,8)	299,8(267,0–351,2)	315,2(200,6–438,6)	341,6(291,6–402,5)
Cd	0,021(0,012–0,028)	0,036(0,016–0,081)	0,034(0,017–0,039)	0,020(0,015–0,029)	0,026(0,015–0,039)
Co	0,010(0,007–0,014)	0,010(0,008–0,013)	0,010(0,007–0,017)	0,008(0,007–0,012)	0,010(0,007–0,014)
Cr	0,311(0,218–0,415)	0,629(0,484–0,939)	0,674(0,459–0,717)	0,376(0,348–0,475)	0,500(0,349–0,710)
Cu	6,66 (6,14–7,44)	7,10 (6,35–8,02)	7,39 (6,44–8,15)	6,58 (6,18–8,27)	7,10 (6,28–7,93)
Fe	15,4 (11,3–19,1)	20,5 (15,6–24,2)	18,5 (12,2–29,5)	12,5 (11,5–15,9)	17,2 (12,9–22,9)
Hg	0,134(0,101–0,169)	0,078(0,050–0,152)	0,141(0,095–0,265)	0,140(0,096–0,193)	0,119(0,078–0,169)
I	<0,2 (<0,2–0,32)	<0,2 (<0,2–0,26)	<0,2 (<0,2–0,83)	1,34 (0,68–1,88)	<0,2 (<0,2–0,55)
K	559 (206–1084)	2183 (1024–2972)	2685 (1016–3888)	2319 (1740–5271)	1902 (534–3247)
Li	0,018(0,006–0,025)	0,029(0,023–0,043)	0,024(0,018–0,054)	0,026(0,020–0,033)	0,025(0,017–0,039)
Mg	33,7 (17,4–43,2)	24,5 (17,9–27,7)	25,5 (15,2–31,3)	20,2 (15,7–28,6)	24,5 (17,6–32,1)
Mn	0,2770,212–0,485)	0,413(0,259–0,498)	0,341(0,168–1,061)	0,218(0,153–0,297)	0,336(0,223–0,513)
Na	359,6(160,8–571,3)	1512,(847,0–2259,5)	905,2(485,4–1914,0)	520,4(375,4–1964,1)	793,1(349,6–1756,0)
Ni	0,148(0,104–0,213)	0,191(0,127–0,264)	0,174(0,136–0,329)	0,113(0,105–0,131)	0,167(0,113–0,234)
P	150,9(139,4–154,7)	161,5(149,6–174,3)	123,4(107,7–150,3)	138,8(125,8–154,2)	151,0(127,3–157,7)
Pb	2,16 (1,01–2,44)	1,23 (0,89–4,06)	0,93 (0,74–1,79)	0,67 (0,34–1,22)	1,40 (0,79–2,58)
Se	0,440(0,367–0,591)	0,535(0,368–0,679)	0,603(0,285–0,791)	0,338(0,295–0,427)	0,488(0,358–0,652)
Si	10,5 (7,1–19,1)	3,4 (0,9–5,8)	20,9 (12,9–43,4)	16,5 (13,3–21,0)	10,4 (4,6–20,5)
Sn	0,114(0,103–0,167)	0,141(0,102–0,194)	0,176(0,131–0,231)	0,216(0,112–0,610)	0,140(0,109–0,199)
V	0,050(0,019–0,066)	0,133(0,100–0,216)	0,165(0,091–0,215)	0,082(0,070–0,095)	0,100(0,066–0,173)
Zn	91,1 (36,7–107,4)	72,8 (47,9–119,3)	65,6 (34,2–108,6)	69,4 (41,6–120,4)	70,0 (38,1–110,6)

П р и м е ч а н и е : * Me – медиана; q25 – нижний квартиль; q75 – верхний квартиль; выделенным шрифтом обозначено достоверное отличие ($p < 0,05$ с учетом поправки Бонферрони).

Что касается остальных изученных эссенциальных элементов – магния, хрома, железа и селена, то на изученной выборке существенных отклонений в их содержании у детей не выявлено.

Вместе с тем для детей и подростков г. Улан-Удэ характерен высокий риск развития гипозлементозов по ряду жизненно-необходи-

мых химических элементов: кобальту, меди, йоду, марганцу, кремнию. Дошкольники также отличаются высоким риском развития дефицита цинка, а школьники – дефицита железа.

Воспитанники детских образовательных учреждений г. Улан-Удэ отличаются избыточным накоплением в волосах натрия и калия,

а также кальция, что свидетельствует о высоком риске нарушений электролитного обмена. Для них также характерен умеренно высокий риск развития гиперэлементозов по фосфору и бору.

Таким образом, анализ имеющихся данных о количественном содержании химических элементов в волосах детей показал, что в целом характерно значительное распространение недостаточности эссенциальных макро- и микроэлементов, в первую очередь йода, магния, цинка, меди, кобальта. Для каждого региона характерен свой «элементный портрет», использование которого может оказать существенную помощь в понимании эпидемиологических данных, полученных в различных регионах, а также в разработке и проведении целенаправленных профилактических мероприятий, направленных на снижение рисков развития заболеваний, связанных с недостаточной обеспеченностью населения макро- и микроэлементами.

Таблица 3. Зависимость между содержанием химических элементов в волосах и пищевом рационе дошкольников

Элемент	R_{xy}	Достоверность
Al	0,17	$p > 0,05$
As	-0,41	$p < 0,05$
Cd	0,39	
Cr	0,38	
Fe	0,39	
Li	0,39	
P	0,55	$p < 0,001$
Si	-0,55	
V	0,52	
Al	0,17	$p > 0,05$
Ca	0,04	
Co	0,11	
Cu	-0,12	
Hg	-0,05	
I	0,02	
K	0,26	
Mg	-0,15	
Mn	0,07	
Na	0,12	
Ni	0,22	
Pb	0,17	
Se	-0,04	
Sn	0,24	
Zn	0,00	

Проведен корреляционный анализ сопоставления суточного поступления химических элементов с фактическими рационами питания детей с уровнем содержания этих элементов в волосах (табл. 3).

Как видно из данной таблицы, достоверные корреляционные связи регистрируются в случае кадмия, хрома, железа, лития, фосфора, ванадия (положительная корреляция), а также кремния и мышьяка (отрицательная корреляция).

Данные о положительных корреляциях позволяют заключить, что на существующем уровне обеспеченности соответствующими химическими элементами изменение содержания хрома, железа, лития, фосфора и ванадия в рационе будет приводить к однонаправленному изменению их содержания в волосах. Отрицательная корреляционная связь для кремния может объясняться тем, что этот химический элемент является важным структурным компонентом соединительной ткани и активно используется для ее формирования в процессе роста ребенка. При этом дети, получающие больше этого элемента (а наряду с ним и других эссенциальных элементов) с пищей, более эффективно утилизируют его для ростовых процессов. Что касается токсичных элементов – кадмия и мышьяка, то, несмотря на наличие корреляционных связей, следует заметить, что в условиях, когда их содержание в продуктах питания строго контролируется и целенаправленно поддерживается на уровне крайне низких концентраций, говорить о каком-либо закономерном влиянии их на организм не представляется правомерным.

В исследованиях других авторов (Скальная, 2005) была отмечена положительная связь между содержанием марганца в волосах и рационах питания взрослых жителей Москвы. Однако в нашем случае соответствующей корреляции не установлено. По-видимому, указанная зависимость специфична для взрослого населения и (или) Московского региона.

Интересно отметить отсутствие корреляционной связи между содержанием в волосах и рационах питания в случае кальция и магния. Указанный феномен был неоднократно описан ранее и связан с тем, что для этих макроэлементов наряду с пищевым поступлением большую роль играет поступление их с питьевой водой, отражаясь в корреляции между содержанием элементов в волосах и их концентрацией в воде источников водоснабжения.

Сопоставление обеспеченности рационов питания дошкольников макро- и микроэлементами с их ростом, массой тела и ИМТ показало наличие ряда корреляционных зависимостей (табл. 4). Как следует из таблицы, ИМТ отрицательно коррелирует с содержанием в рационе целого ряда химических элементов, среди которых есть как, безусловно, эссенциальные (кальций, магний, хром, марганец), так и токсичные (алюминий, свинец). В то же время для роста и массы тела характерны прямые корреляционные связи с эссенциальными элементами фосфором, селеном и цинком, что свидетельствует о положительном влиянии этих элементов на рост организма.

Сопоставление результатов многоэлементного анализа волос с ростом, массой тела и ИМТ дошкольников показывает, что указанные антропометрические параметры коррелируют отрицательно, главным образом, с содержанием в волосах металлов-экоотоксикантов и положительно – с уровнем эссенциальных элементов магния и цинка (табл. 5).

Сходные тенденции во взаимосвязях между содержанием основных макро- и микроэлементов в волосах и показателями роста, веса и ИМТ у детей в возрасте до 6 лет были ранее установлены в отношении цинка и свинца (Грабеклис, Скальный, 2003; Лобанова, 2007). Цинк является элементом, принимающим активнейшее участие в процессах роста, в частности, в синтезе коллагена и формировании костной ткани. Свинец, напротив, представляет собой токсичный элемент, отрицательно влияющий на многие биологические процессы и проявляющий физиологический антагонизм по отношению к основным эссенциальным элементам, в том числе к цинку (Скальный, Рудаков, 2004). К этой же группе элементов относятся кадмий и олово, с которыми в рассматриваемом случае антропометрические параметры также коррелируют отрицательно.

Отрицательная корреляция ИМТ с уровнем железа может быть обусловлена участием этого элемента в метаболизме холестерина. Известно, что одним из проявлений избытка железа в организме является патологическая худоба (Скальный, Рудаков, 2004).

Интересно отметить отрицательную корреляцию массы тела с уровнем йода в волосах. Как известно, йод является обязательным структурным компонентом ТТГ и гормонов щитовидной железы, во многом определяющим уровень об-

щей физиологической активности организма. В этой связи более высокий уровень йода у человека, по-видимому, может обуславливать менее интенсивное увеличение массы тела в процессе развития организма.

Таблица 4. Зависимость между содержанием химических элементов в рационе питания и основными антропометрическими характеристиками

Параметр	Элемент	Spearman R	Достоверность*
Индекс массы тела (ИМТ)	Al	-0,36	$p < 0,05$
	Ca	-0,38	$p < 0,05$
	Cr	-0,47	$p < 0,01$
	Li	-0,42	$p < 0,05$
	Mg	-0,34	$p < 0,05$
	Mn	-0,34	$p < 0,05$
	Pb	-0,38	$p < 0,05$
Рост	V	-0,43	$p < 0,05$
	P	0,41	$p < 0,05$
	Pb	0,34	$p < 0,05$
	Se	0,44	$p < 0,01$
Масса тела	Zn	0,46	$p < 0,01$
	Se	0,33	$p < 0,05$
	Zn	0,40	$p < 0,05$

П р и м е ч а н и е : * – приведены только достоверные корреляции.

Таблица 5. Зависимость между содержанием химических элементов в волосах и основными антропометрическими характеристиками

Параметр	Элемент	Spearman R	Достоверность*
Индекс массы тела (ИМТ)	Cd	-0,28	$p < 0,05$
	Fe	-0,31	$p < 0,05$
	Sn	-0,33	$p < 0,05$
Рост	Cd	-0,35	$p < 0,05$
	Co	-0,30	$p < 0,05$
	Mg	0,30	$p < 0,05$
	Pb	-0,31	$p < 0,05$
	Sn	-0,41	$p < 0,01$
	Zn	0,47	$p < 0,001$
Масса тела	Cd	-0,36	$p < 0,05$
	I	-0,33	$p < 0,05$
	Sn	-0,42	$p < 0,01$
	Zn	0,43	$p < 0,01$

П р и м е ч а н и е : см. табл. 4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ имеющихся данных о количественном содержании химических элементов в волосах детей показал, что в целом характерно значительное распространение недостаточности эссенциальных макро- и микроэлементов, в первую очередь йода, магния, цинка, меди, кобальта. Подтверждено наличие корреляционной связи между содержанием макро- и микроэлементов и основными антропометрическими показателями.

Полученные результаты могут быть основой в деятельности специалистов регионального и муниципального здравоохранения Республики Бурятия, направленной на оптимизацию питания в детских образовательных учреждениях, контроль за качеством и ассортиментом пищевых продуктов в организованных коллективах, пропаганду здорового питания, налаживание производства пищевых продуктов, обогащенных приоритетными для детского населения Байкальского региона микронутриентами.

ЛИТЕРАТУРА

- Баранов А.А. Состояние здоровья детей в Российской Федерации. Педиатрия. 2012. Т. 91. № 3. С. 9–15.
- Доценко В.А. Фундаментальные основы рационального, профилактического и диетического питания. Вестник СПбГМА им. И.И. Мечникова. 2007. № 2. С. 13–18.
- Иванов С.И., Подунова Л.Г., Скачков В.Б., Тутельян В.А., Скальный А.В., Демидов В.А., Скальная М.Г., Серебрянский Е.П., Грабеллис А.Р., Кузнецов В.В. Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрией: Методические указания (МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03). М.: Федеральный Центр госсанэпиднадзора Минздрава России. 2003. 56 с.
- Киреева Г.Н., Билялутдинова Д.И. Исследования содержания микроэлементов в биологических субстратах у детей и подростков (обзор литературы). Педиатрический вестник Южного Урала. 2015. № 2. С. 58–62.
- Кулакова И.Б. Оценка фактического питания детей-бурят в организованных коллективах и влияние его на физическое развитие и заболеваемость: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. Иркутск, 1999. 153 с.
- Кучма В.Р., Сухарева Л.М., Шубочкина Е.И., Степанова М.И., Звездина И.В., Шумкова Т.В., Александрова И.Э., Седова, Ибрагимова Е.М., Уланова С.А., Андреева Е.Е., Иваненко А.В., Хизгияев В.И., Сафонкина С.Г., Молодованов В.В., Омариев З.М., Руднева В.В., Гололобова Т.В. Системная гигиеническая диагностика санитарно-эпидемиологического благополучия обучающихся. Под редакцией члена-корреспондента РАН В.Р. Кучмы. М., 2014.
- Лобанова Ю.Н. Особенности элементного статуса детей из различных регионов России: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М., 2007. 18 с.
- Мартинчик А.Н., Маев И.В., Янушевич О.О. Общая нутрициология. М.: МЕДпресс-информ, 2005. 392 с.
- Онищенко Г.Г., Ежлова Е. Б., Мельникова А.А. и др. Санитарно-эпидемиологическое благополучие детского населения Российской Федерации. Педиатрическая фармакология. 2013. Т. 10. № 2. С. 10–18.
- Полунина Н.В. Состояние здоровья детей в современной России и пути его улучшения. Вестник Росздравнадзора. 2013. № 5. С. 17–24.
- Рязанкина М.Ф., Андриюшкина Е.А. Здоровье детей в образовательных учреждениях. Организация и контроль. Ростов-на-Дону, 2005. 376 с.
- Скальный А.В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученных методом ИСП-АЭС. Микроэлементы в медицине. 2003. Т. 4. Вып. 1. С. 55–56.
- Скальный А.В., Горбачев А.Л., Велданова М.В. Элементный статус детей Северо-Востока России. Оренбург: РИК ГОУ ОГУ, 2004. 189 с.
- Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине. М.: Издательский дом «Оникс 21 век»: Мир, 2004. 272 с.
- Скальная М.Г., Нотова С.В. Макро- и микроэлементы в питании современного человека: эколого-физиологические и социальные аспекты. М.: РОСМЭМ, 2004. 310 с.
- Скальная М.Г. Гигиеническая оценка влияния минеральных компонентов рациона питания и среды обитания на здоровье населения мегаполиса: Автореф. дисс. ... докт. мед. наук. М. 2009. 24 с.
- Скальный А.В. Оценка и коррекция элементного статуса населения – перспективное направление отечественного здравоохранения и экологического мониторинга. Микроэлементы в медицине. 2018. № 19(1). С. 5–13.
- Тармаева И.Ю. Научное обоснование совершенствования питания детей этнической группы в организованных коллективах Байкальского региона. Автореф. дисс. ... докт. мед. наук. Иркутск. 2009. 44 с.
- Тармаева И.Ю., Погорелова И.Г. Гигиеническая оценка условий пребывания и состояния здоровья дошкольников г. Иркутска. Сибирский медицинский журнал (Иркутск). 2014. Т. 125. № 2. С. 86–89.
- Тутельян В.А., Конь И.Я., Каганов Б.С. Питание здорового и больного ребенка. М.: Династия, 2007. 324 с.
- Туркебаева Л.К., Демидов В.А., Скальный А.В. Особенности элементного статуса детского населения, проживающего в неблагоприятных климатических условиях республики Саха (Якутия). Вестник СПб ГМА им. И.И. Мечникова. 2004. № 1(5). С. 93–98.
- Эверстова А.В. Влияние дисбаланса макро- и микроэлементов на морфофункциональные показатели детского

населения дошкольного возраста алмазной провинции Республики Саха (Якутия): Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. Якутск, 2006. С. 23.

Ядрышников Е.К., Клочкова Е.В. Особенности питания и уровни факторов риска ишемической болезни сердца (ИБС) у коренных жителей Чукотки, Бурятии и Алтая. Питание в профилактике заболеваний населения Севера. Материалы научной конференции. Красноярск, 1995. С. 5–6.

Grabeklis A.R., Skalny A.V., Nechiporenko S.P., Lakarova E.V. Indicator ability of biosubstances in monitoring of moderate occupational exposure to toxic metals. *J Trace Elem Med Biol.* 2011; 25S:S41–S44.

Rao KS, Balaji T, Rao TP, Babu Y, Naidy GRK. Determination of iron, cobalt, nickel, manganese, zinc, copper, cadmium and lead in human hair by inductively-coupled plasma

atomic emission spectrometry. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy.* 2002; 8: 1333–1338.

Rodushkin I., Axelsson M.D. Application of double focusing sector field ICP-MS for multielemental characterization of human hair and nails. *Sci Total Environ.* 2003; 1–3: 23–39.

Nardi E.P., Evangelista F.S., Tormen L., Saint T.D., Curtius A.J., de Sousa S.S. et al. The use of inductively-coupled mass spectrometry (ICP-MS) for the determination of toxic and essential elements in different types of food samples. *Food Chem.* 2009; 3: 727–732.

Griboff J., Wunderlin D.A., Monferran M.V. Metals, As and Se determination by inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) in edible fish collected from three eutrophic reservoirs. Their consumption represents a risk for human health? *Microchem J.* 2017; 130: 236–244.

ELEMENTAL STATUS OF CHILDREN IN THE BAIKAL REGION

I.Yu. Tarmaeva^{1,2,3}, *E.P. Lemeshevskaya*³, *I.G. Pogorelova*³,
*A.V. Melerzanov*⁴, *N.A. Tarmaeva*³

¹ Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Ust'inskiy Proezd str. 2/14, Moscow, 109240

² People's Friendship University of Russia, Miklukho-Maklaya str. 6, Moscow, 117198

³ Irkutsk State Medical University, Krasnogo Vosstaniya str. 2, Irkutsk, 664003

⁴ Moscow Institute of Physics and Technology, Kerchenskaya str. 1 "A", Moscow, 117303

ABSTRACT. One of the main factors for the degree of adverse effects on humans is a lack of macro- and microelement intake, a violation of their ratios in the diet, which directly effects on the body's activity and may manifest a decrease in resistance and ability to adapt. In the course of the investigation on the elemental status of the children population, a study was conducted on the selected hair samples of Buryat nationality children of the preschool age living in Ulan-Ude. Fifty children of preschool age (4–6 years). Analysis of the available data on the quantitative content of chemical elements in the hair of preschool children showed that, there is a significant spread of insufficiency of essential macro- and microelements in general, primarily iodine (in 70.5% of those examined), silicon (43.2%), and magnesium (27.3), zinc (47.7%), copper (84.1%), cobalt (79.5%). There is also a fairly high occurrence of excess phosphorus (25%) and boron (45.5%), sodium and potassium (60%), calcium (18.2%). Comparison of the results of multi-element hair analysis with height, weight and body mass index (BMI) of preschool children shows that these anthropometric parameters correlate negatively, mainly with the content of ecotoxicants in the hair and positively with the level of magnesium and zinc essential elements.

KEYWORDS: trace elements, children, hair analysis, nutrition.

REFERENCES

Baranov A.A. The health status of children in the Russian Federation. *Pediatrics.* 2012, 91 (3): 9–15 [in Russ].

Docenko V.A. Fundamentals of rational, preventive and dietary nutrition. *Bulletin SPbSMA them. I.I. Mechnikov.* 2007, 2: 13–18 [in Russ].

Ivanov S.I., Podunova L.G., Skachkov V.B., Tutelyan V.A., Skalny A.V., Demidov V.A., Skal'naya M.G., Serebryansky E.P., Grabeklis A.R., Kuznetsov V.V. Determination of chemical elements in biological fluids and drugs by atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma mass spectrometry: Methodical guidelines MUK 4.1.1482-03, MUK 4.1.1483-03]. Moscow. 2003 [in Russ].

Kireeva G.N., Biljalutdinova D.I. Investigations of trace elements in biological substrates in children and adolescents (literature review). *Pediatric bulletin South Ural.* 2015, 2: 58–62 [in Russ].

Kulakova I.B. Evaluation of the actual nutrition of Buryat children in organized groups and its effect on physical development and morbidity. MD Thesis Abstract. Irkutsk. 1999 [in Russ].

Kuchma V.R., Suhareva L.M., Shubochkina E.I., Stepano-va M.I., Zvezdina I.V., Shumkova T.V., Aleksandrova I.Je., Sedova A.S., Ibragimova E.M., Ulanova S.A., Andreeva E.E., Ivanenko A.V., Hizgijayev V.I., Safonkina S.G., Mo-Iodovanov V.V., Omariev

- Z.M., Rudneva V.V., Gololobova T.V. Sistemnaja gigienicheskaja diagnostika sanitarno-jepidemiologicheskogo blagopoluchija obuchajushhihsja. Pod redakciej chlena-korrespondenta RAN V.R.Kuchmy. Moskva, 2014 [in Russ].
- Lobanova Yu.N. Features of the elemental status of children from different regions of Russia. BD Thesis Abstract. Moscow. 2007 [in Russ].
- Martinchik A.N., Maev I.V., Yanushevich O.O. General Nutrition. Moscow. Medpress-inform. 2007 [in Russ].
- Onishchenko G.G., Ezhlova E.B., Melnikova A.A. et al. Sanitary and epidemiological well-being of the child population of the Russian Federation. *Pediatric Pharmacology*. 2013, 10 (2): 10–18 [in Russ].
- Polunina N.V. The state of children's health in modern Russia and ways to improve it. *Bulletin of Roszdravnadzor*. 2013, 5: 17–24 [in Russ].
- Rzyankina M.F., Andryushkina E.A. Children's health in educational institutions. Organization and control. Rostov-on-Don. 2005 [in Russ].
- Skalny A.V. Reference values of the concentration of chemical elements in the hair, obtained by ICP-AES. Trace elements in medicine. 2003, 4(1): 55–56 [in Russ].
- Skalny A.V., Gorbachev A.L., Veldanova M.V. Elemental status of children of the North-East of Russia. Orenburg. RIK GOU OGU. 2004 [in Russ].
- Skalny A.V., Rudakov I.A. Bioelements in medicine. Moscow. Onyx 21st Century Publishing House: World. 2004 [in Russ].
- Skalnaya M.G., Notova S.V. Macro- and micronutrients in the nutrition of modern man: environmental, physiological and social aspects. Moscow. ROSMEHM. 2004 [in Russ].
- Skalnaya M.G. Hygienic assessment of the influence of the mineral components of the diet and habitat on the health of the population of the metropolis. D. Sc. Thesis abstract. Moscow. 2009 [in Russ].
- Skalny A.V. Evaluation and correction of the elemental status of the population is a promising direction of domestic health care and environmental monitoring. *Trace elements in medicine*. 2018, 19(1): 5–13 [in Russ].
- Tarmaeva I.Yu. Nauchnoe obosnovanie sovershenstvova-niya pitaniya detej etnicheskoj grupy v organizovannyh kol-lektivah Bajkal'skogo regiona. Avtoref. diss. ...dokt. med. nauk. Irkutsk. 2009. 44 s.
- Tarmaeva I.Yu., Pogorelova I.G. Hygienic assessment of the conditions of stay and the state of health of preschoolers in the city of Irkutsk. *Siberian Medical Journal (Irkutsk)*. 2014, 125(2):86–89 [in Russ].
- Tutelyan V.A., Kon I.Ya., Kaganov B.S. Eating a healthy and sick child. Moscow. Dynasty. 2007 [in Russ].
- Turkebaeva L.K., Demidov V.A., Skalny A.V. [Peculiarities in element status of the child population living under adverse climatic conditions of the Republic of Sakha (Yakutia)]. *Bulletin SPbSMA them. I.I. Mechnikov*. 2004, 1(5):93–98 [in Russ].
- Elverstova A.V. The impact of imbalance of macro-and micronutrients on the morpho-functional indicators of the child population of pre-school age in the diamond province of the Republic of Sakha (Yakutia). MD Thesis Abstract. Yakutsk. 2006 [in Russ].
- Yadryshnikova E.K., Klochkova E.V. Dietary habits and levels of risk factors for coronary heart disease among the indigenous people of Chukotka, Buryatia and Altai. Nutrition in the prevention of diseases of the population of the North. Proceeding of conference. Krasnoyarsk. 1995 [in Russ].
- Grabeklis A.R., Skalny A.V., Nechiporenko S.P.,Lakarova E.V. Indicator ability of biosubstances in monitoringof moderate occupational exposure to toxic metals. *J Trace ElemMed Biol*. 2011, 25S:S41-S44.
- Rao KS, Balaji T, Rao TP, Babu Y, Naidy GRK. Determination of iron, cobalt, nickel, manganese, zinc, copper, cadmium and lead in human hair by inductively-coupled plasma atomic emission spectrometry. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*. 2002; 8: 1333–1338.
- Rodushkin I., Axelsson M.D. Application of double focusing sector field ICP-MS for multielemental characterization of human hair and nails. *Sci Total Environ*. 2003; 1–3: 23–39.
- Nardi E.P., Evangelista F.S., Tormen L., Saint T.D., Curtius A.J., de Sousa S.S. et al. The use of inductively-coupled mass spectrometry (ICP-MS) for the determination of toxic and essential elements in different types of food samples. *Food Chem*. 2009; 3: 727–732.
- Griboff J., Wunderlin D.A., Monferran M.V. Metals, As and Se determination by inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) in edible fish collected from three eutrophic reservoirs. Their consumption represents a risk for human health? *Microchem J*. 2017; 130: 236–244.