

УДК 612.0-053.2 (1-17)

ЭЛЕМЕНТНЫЙ «ПОРТРЕТ» ДЕТЕЙ 7–14 ЛЕТ Г. МАГАДАНА**Луговая Е.А., Атласова Е.М., Максимов А.Л.***НИЦ «Арктика» ДВО РАН, Магадан, e-mail: elena_plant@mail.ru*

С целью изучения элементного профиля населения азиатского Севера обследованы 118 детей 7–14 лет, постоянно проживающих в г. Магадане. Методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргоновой плазмой определено содержание 25 химических элементов в волосах детей. Выявлены достоверные половые отличия в содержании в волосах ряда химических элементов. Концентрации Al, B, Cd, K, Na, Pb в волосах мальчиков превышали таковые у девочек, а содержание Be, Ca, Hg, Mg, Mn, Si, Zn оказалось достоверно большим в волосах девочек. Частотный анализ отклонений выявил дефицит Mg у 74% детей, Co – у 63%, Ca – у 54%, K и Se – у 41%, Mn – у 34%, I – у 30%, Cr, Cu и Zn – у 29%. Обнаружен значительный избыток Si у 36% детей, Fe и Na – у 24%. Содержание токсичных элементов не выходит за рамки физиологической нормы, однако в единичных случаях встречается избыток Al и Ni у девочек, Pb у мальчиков, Cd, Li, Sn у детей обоего пола. При сравнении наших данных с референтными значениями, полученными в центральных районах России при обследовании аналогичных групп детей, выявлено, что почти все интервальные показатели и средние концентрации элементов в г. Магадане отличаются в меньшую сторону, кроме Na и Ni у мальчиков, Mn у девочек, Cr и Si у детей обоего пола. Корреляционный анализ выявил существенные половые отличия по наличию, силе и количеству образуемых взаимосвязей и позволил рассчитать адаптационный потенциал элементной системы детей. У девочек уровень адаптированности системы составил 95,38 усл. ед., в группе мальчиков – 79,13 усл. ед. Большее значение адаптационного потенциала у девочек, вероятно, связано с более ранним началом полового созревания последних по сравнению с мальчиками.

Ключевые слова: макро- и микроэлементный дисбаланс, дети, Север, адаптация

THE ELEMENT PORTRAIT OF 7-14-YEAR-OLD CHILDREN OF MAGADAN TOWN**Lugovaya E.A., Atlasova E.M., Maksimov A.L.***SRC «Arktika» FEB RAS, Magadan, e-mail: elena_plant@mail.ru*

To study the element profile of the population in Asian north, we examined 118 children at the age of 7–14 being residents of Magadan town. The content of 25 chemical elements obtained from the children's hair samples was determined using the method of atom-emission and mass spectrometry with the inductively bonded argon plasma. From the results obtained we can suggest the reliable sex-related difference observed in some elements. The boys' Al, B, Cd, K, Na, and Pb concentrations exceeded those of the girls while the values of Be, Ca, Hg, Mg, Mn, Si, and Zn proved to be higher in the girls. The frequency analysis of deviation revealed deficit through the following elements: Mg in 74% of the children, Co – in 63%, Ca – in 54%, K and Se – in 41%, Mn – in 34%, I – in 30%, Cr, Cu and Zn – in 29%. Significant excess was found in Si (36% of the examinees), Fe and Na (24%). Toxic elements were found to be within the physiological norm; however Al and Ni excess occurred in rare occasions of the girls, Pb excess in some boys, and Cd, Li and Sn excess was found in both of the girls and boys. Having compared our findings with those of the referent data obtained in the Central Russia, we concluded that almost all the interval parameters and the average values of the elements proved to be lower in Magadan subjects except the boys' Na and Ni, the girls' Mn, and Cr, and Si in both sex groups of Magadan children. Correlation analysis revealed significant sex-related difference concerning the presence, strength and quantity of the interrelations and enabled to calculate the adaptation potential of the children's element systems. The girls demonstrated their levels of adaptability equal to 95,38 conventional units, the boys – 79,13. The girls' higher values are apparently caused by their earlier pubescence in comparison with the boys.

Keywords: macro- and trace element misbalance, children, the North, adaptation

Школьный возраст у детей представляет собой период жизни, сопряженный с интенсивными физическими и психоэмоциональными нагрузками, которые сопровождают учебный процесс, а также является одним из ключевых этапов формирования организма, связанным с перестройками физиологических систем, этот возраст является критичным в отношении формирования целого ряда нарушений в состоянии здоровья, сопровождающих впоследствии человека в течение всей дальнейшей жизни. Одной из причин развития патологий детства является хронический недостаток основных микронутриентов, в том числе макро- и микроэлементов.

Одним из условий успешной адаптации и поддержания высоких функциональных

резервов в условиях северного региона является адекватное потребностям поступление и содержание микроэлементов в данных биогеохимических условиях. Магаданская область, располагаясь на Крайнем Северо-Востоке России, в экстремальных климатических и биогеохимических условиях, кроме этого характеризуется бедностью минеральной составляющей природных питьевых вод и ограниченностью поступления в организм жизненно необходимых микроэлементов из свежих овощей и фруктов.

Цель исследования – установление диапазона крайних нормальных (минимальных и максимальных) значений содержания макро- и микроэлементов (МЭ) в волосах и общий анализ элементного профиля организма детей 7–14 лет г. Магадана.

Материал и методы исследования

Методом атомной эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной аргоновой плазмой (АЭС-ИСП) на приборе Optima 2000 DV (Perkin Elmer, США) в АНО «Центр биотической медицины» (г. Москва) определяли содержание 25 МЭ в волосах проживающих постоянно в г. Магадане детей 7–14 лет. Из 118 обследованных – 68 (58%) девочек и 50 (42%) – мальчиков. Средний возраст девочек составил $11,96 \pm 0,24$ лет, мальчиков – $11,72 \pm 0,30$ лет.

Объем выборки (n), достаточной для получения результата заданной точности, находили по формуле:

$$n = \frac{t^2 \sigma^2}{\Delta^2},$$

где n – объем выборки; t – критерий Стьюдента, характеризующий зависимость между средней выборочной и средней генеральной совокупностью; σ – среднее квадратичное отклонение; Δ – планируемая ошибка средней (максимальная погрешность оценки) [2]. По нашим данным, необходимое количество детей в выборке для оценки элементного статуса организма на популяционном уровне по каждому из изученных элементов находилось в диапазоне 61–118 человек. Оценку характера распределения биоэлементов в организме детей производили методом построения центильных шкал. Значения концентраций, попадающих в интервал P25-P75, расценивали как нормальные, P10-P25 и P75-P90 – ниже или выше допустимых значений, до P10 и после P90 – очень низкие или очень высокие показатели.

Статистическая обработка данных произведена с использованием пакета прикладных программ Excel 97. В анализе применены методы параметрической и непараметрической статистики: расчет средней и ошибки измерения ($M \pm m$), стандартного отклонения (SD), минимального (min) и максимального (max) значения в выборке, корреляционный анализ по Пирсону. Различия значений между сравниваемыми группами девочек и мальчиков устанавливались по t -критерию Стьюдента при оценке уровня достоверности $p < 0,05$.

Уровень адаптированности системы (А) микроэлементного гомеостаза рассчитывали по формуле:

$$A = \frac{n \cdot \sum K_k}{N},$$

где A – уровень адаптированности в усл. ед.; n – количество корреляционных связей между элементами; $\sum K_k$ – сумма коэффициентов корреляции без учета знака; N – число микроэлементов, объединенных в плеяды [1].

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенный элементный анализ выявил существенные достоверные половые отличия в содержании в волосах школьников Магадана ряда химических элементов. Так, концентрации Al, B, Cd, K, Na, Pb в волосах мальчиков значительно превышали концентрации элементов в волосах девочек, а содержание Be, Ca, Hg, Mg, Mn, Si, Zn, напротив, оказалось достоверно большим в волосах девочек.

Сравнение полученных нами данных о содержании химических элементов в волосах детей Магадана с референтными значениями концентраций химических элементов в волосах детей соответствующего возраста [5] показало явное превышение концентраций Mg, Ni, Zn в волосах девочек и Na в волосах мальчиков. Концентрация Si в волосах детей превысила верхнюю границу нормы в 2 раза у девочек и в 1,4 раза у мальчиков, что позволяет, вероятно, отнести г. Магадан к кремнийизбыточной биогеохимической провинции.

Отметим, что результаты настоящего исследования и ранее проведенного анализа элементного профиля детей дошкольного возраста г. Магадана [3] согласуются с данными М.Г. Скальной и др. в том, что для Ca, Mg, Zn и Fe характерна выраженная половозрастная динамика, а концентрации в волосах Cu и P с возрастом не претерпевают значительных изменений, различия между полами также слабо выражены [4].

Для анализа характера распространности элементного дисбаланса детей г. Магадана и с целью установления региональной нормы рассчитаны границы стандартных центильных интервалов. В качестве соответствующего физиологическому содержанию химических элементов в волосах детей рассматривался интервал от 25 до 75 перцентиля. При сравнении наших данных с референтными значениями в аналогичной группе лиц видно, что почти все интервальные показатели и средние концентрации элементов в г. Магадане отличаются в меньшую сторону, кроме Na и Ni у мальчиков, Mn у девочек, Cr и Si у детей обоего пола (табл. 1).

Нами установлено, что в возрастном периоде 7–14 лет проявляются более выраженные, чем у дошкольников, нарушения баланса МЭ, связанные с пониженным уровнем содержания в организме основных жизненно необходимых химических элементов. Причиной этому могут быть физиологические гормональные перестройки, изменения режима и рациона питания, умственные и физические нагрузки в учебном заведении. Так, у 74% детей выявлен дефицит Mg, у 63% – Co, у 54% – Ca, у 41% – K и Se, у 34% – Mn, у 30% – I, у 29% – Cr, Cu и Zn. Значительный избыток выявился лишь по двум элементам: Si у 36% обследованных детей, Fe – у 24% и Na – у 24%. Следует отметить, что дефицит жизненно важных химических элементов в организме детей Магаданского региона может явиться постоянно действующим фактором, способствующим комплексному нарушению минерального обмена.

Таблица 1

Содержание химических элементов в волосах детей 7–14 лет г. Магадана, (M ± m, мкг/г)

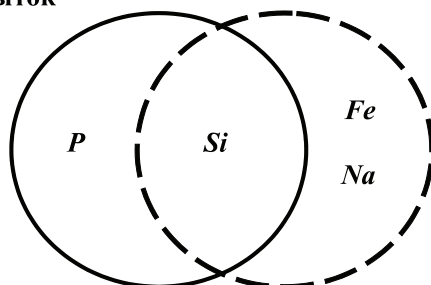
МЭ	Обследованные лица				Границы физиологической нормы для здоровых лиц от 1 года до 18 лет (А.В. Скальный, 2003)	
	Девочки (n = 68)		Мальчики (n = 50)		Нижняя	Верхняя
	M ± m	P25–P75	M ± m	P25–P75		
Al*	11,75 ± 0,83	6,67–14,75	14,09 ± 0,93	8,92–18,14	9	23
As	0,11 ± 0,02	0,04–0,10	0,15 ± 0,02	0,05–0,25	0,00	0,69
B*	0,59 ± 0,04	0,33–0,85	1,23 ± 0,11	0,67–1,36	–	–
Be*	0,004 ± 0,0005	0,003–0,003	0,003 ± 0,0004	0,003–0,003	0,00	0,01
Ca*	425,75 ± 56,68	221,53–427,75	281,81 ± 25,65	162,18–311,58	254	611
Cd*	0,07 ± 0,01	0,01–0,10	0,16 ± 0,03	0,02–0,23	0,03	0,18
Co	0,06 ± 0,01	0,01–0,09	0,06 ± 0,01	0,01–0,09	0,02	0,11
Cr	0,55 ± 0,05	0,24–0,89	0,63 ± 0,05	0,41–0,77	0,26	0,70
Cu	9,11 ± 0,27	7,73–10,33	9,61 ± 0,46	7,75–10,52	8	12
Fe	22,86 ± 2,12	13,15–24,80	26,49 ± 3,71	13,27–27,06	13	27
Hg*	0,26 ± 0,01	0,18–0,33	0,21 ± 0,02	0,11–0,29	–	–
I	0,56 ± 0,05	0,3–0,71	0,50 ± 0,04	0,3–0,62	–	–
K*	97,42 ± 20,15	19,6–75,71	307,64 ± 58,64	71–365,9	53	663
Li	0,03 ± 0,01	0,01–0,02	0,03 ± 0,01	0,01–0,04	0,00	0,04
Mg*	43,42 ± 6,85	16,55–43,03	18,43 ± 2,05	12,44–21,32	18	56
Mn*	1,05 ± 0,21	0,48–0,95	0,56 ± 0,04	0,37–0,75	0,32	0,93
Na*	220,38 ± 45,25	63,23–206,58	593,78 ± 101,73	121,90–716,20	75	562
Ni	0,56 ± 0,15	0,12–0,49	0,54 ± 0,07	0,14–0,90	0,15	0,55
P	148,13 ± 2,96	130,07–162,85	142,29 ± 2,53	131,86–154,28	118	156
Pb*	0,51 ± 0,08	0,15–0,72	1,98 ± 0,61	0,38–1,94	0,76	2,73
Se	0,76 ± 0,09	0,32–0,84	0,72 ± 0,09	0,32–0,98	0,65	2,43
Si*	56,10 ± 6,91	18,67–79,46	39,10 ± 6,25	15,54–37,44	10	27
Sn	0,48 ± 0,09	0,08–0,31	0,7 ± 0,12	0,13–1,06	–	–
V	0,10 ± 0,01	0,04–0,11	0,10 ± 0,01	0,05–0,12	–	–
Zn*	183,8 ± 9,36	148,66–190,15	160,58 ± 5,60	140,05–176,45	94	183

Примечание: * – достоверные половые отличия при $p < 0,05$; полужирным шрифтом отмечены концентрации за пределами нормальных значений; «–» – нет данных; P25–P75 – диапазоны концентраций МЭ между 25-м и 75-м перцентилями.

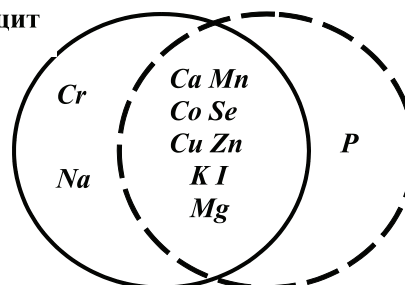
Характерно, что содержание в волосах детей условно-эссенциальных и токсичных элементов в целом не выходит за рамки физиологической нормы, од-

нако в единичных случаях встречается избыток Al и Ni у девочек, Pb у мальчиков, Cd, Li, Sn у детей обоего пола (рисунок).

Избыток



Дефицит



Элементный «портрет» детей 7–14 лет г. Магадана.
Примечание: включены элементы, характеризующиеся частотой избытка или дефицита в исследуемой группе более 20% от общего числа:
сплошная линия – девочки, пунктирная – мальчики

При оценке корреляционных взаимосвязей между микроэлементами установлены существенные отличия. Так, в группе девочек наибольшее число достоверных связей между микроэлементами было установлено с йодом и составило 14, в то время как в группе мальчиков этот элемент образует лишь одну корреляционную связь с фосфором. Цинк в группе мальчиков образует 10 достоверных отрицательных взаимосвязей, а у обследованных девочек Zn не связан ни с одним другим элементом корреляционной плеяды.

Отметим, что и никель в группе мальчиков имеет 3 достоверные связи, а в группе девочек не образует ни одной. Другим важным отличием в структуре корреляционных плеяд девочек и мальчиков было выявление ряда элементов, образующих сильные достоверные связи только в одной из групп обследованных детей. Так, Ca, Mg, Mn, K, Na образуют сильные корреляционные взаимодействия только в группе девочек, а Fe, Li, Mg – в группе мальчиков (табл. 2).

Таблица 2

Матрицы коэффициентов корреляции между микроэлементами девочек и мальчиков 7–14 лет, проживающих в г. Магадане

Девочки

	Al	As	Ca	Co	Cr	Fe	K	Mg	Mn	Na	Pb	Sn	V	Йод	В
Al	1														
As	0,25	1													
Ca	0,12	-0,03	1												
Co	0,47	0,28	0,10	1											
Cr	0,58	0,52	-0,01	0,47	1										
Fe	0,32	-0,11	0,59	0,17	0,18	1									
K	0,28	0,06	-0,08	-0,04	0,21	-0,03	1								
Mg	-0,02	-0,18	0,89	0,00	-0,16	0,53	-0,07	1							
Mn	0,11	-0,13	0,95	0,09	-0,09	0,62	-0,09	0,89	1						
Na	0,27	0,21	-0,05	0,06	0,30	0,00	0,86	-0,09	-0,07	1					
Pb	0,51	-0,08	0,09	0,32	0,17	0,15	0,09	0,17	0,13	-0,05	1				
Sn	0,40	0,41	0,00	0,44	0,50	0,16	-0,03	-0,10	-0,09	0,10	0,18	1			
V	0,20	0,37	-0,12	0,24	0,42	-0,16	0,17	-0,19	-0,14	0,24	-0,01	0,12	1		
Йод	0,35	-0,20	0,24	0,51	0,20	0,36	0,08	0,13	0,33	0,12	0,26	0,27	0,24	1	
В	0,47	0,17	0,20	0,19	0,34	0,01	0,46	0,31	0,16	0,34	0,11	0,15	0,54	0,45	1

Мальчики

	Al	As	Cd	Co	Cr	Fe	K	Li	Mg	Na	Pb	Se	Sn	Hg	Be
Al	1														
As	0,17	1													
Cd	0,06	0,09	1												
Co	0,15	0,24	0,42	1											
Cr	0,51	0,29	0,12	0,54	1										
Fe	0,22	-0,08	-0,09	-0,14	0,02	1									
K	0,26	-0,06	0,43	0,17	0,34	0,08	1								
Li	0,07	-0,11	0,00	0,08	0,12	0,82	0,04	1							
Mg	0,22	-0,10	-0,13	-0,15	0,04	0,84	-0,05	0,82	1						
Na	0,03	0,05	0,34	-0,06	-0,04	0,13	0,55	0,01	0,02	1					
Pb	0,35	-0,12	0,42	0,46	0,54	0,07	0,68	0,12	-0,05	0,05	1				
Se	0,00	0,53	0,05	0,18	0,24	-0,18	-0,01	-0,12	-0,29	0,03	-0,10	1			
Sn	0,10	0,32	0,59	0,20	0,26	-0,12	0,11	0,00	-0,12	0,23	0,08	0,49	1		
Hg	0,51	0,58	0,16	0,39	0,31	0,13	0,01	0,20	0,22	0,06	0,26	0,19	0,09	1	
Be	0,12	0,61	-0,04	0,04	0,48	-0,08	0,55	-0,09	-0,09	0,40	0,02	0,27	-0,08	0,33	1

Примечание: полужирным шрифтом выделены средние и сильные коэффициенты корреляции при $p < 0,05$.

На основании числа корреляционных связей суммы их коэффициентов и числа элементов, объединенных в плеяды, нами был рассчитан уровень адаптированности (сбалансированности) системы. Оказалось, что в группе девочек сумма коэффициентов корреляции без учета знака составила 30,18, а уровень адаптированности системы согласно формуле расчета – 95,38 усл. ед. В группе мальчиков сумма коэффициентов корреляции без учета знака составила 28,67, а значение уровня адаптированности системы – 79,13. Обращает на себя внимание, что значение адаптационного потенциала у девочек выше, чем у мальчиков. Аналогичную картину, иллюстрирующую тот факт, что функциональные системы организма девочек являются более устойчивыми в условиях постоянного действия экстремальных факторов, мы получили в результате ранее проведенного исследования элементного портрета детей-дошкольников г. Магадана [3].

Заключение

Таким образом, полученные результаты демонстрируют ярко выраженный элементный дисбаланс в организме детского населения 7–14 лет г. Магадана, представленный дефицитом эссенциальных микроэлементов Mg, Co, Ca, K, Se, Mn, I, Cr, Cu и Zn с одновременным избытком Si, Fe и Na.

Ввиду того, что хронический дефицит основных биоэлементов в условиях северных регионов создает благодатную почву для развития дисфункций систем организма и широкого спектра патологий в целом, и оказывает негативное влияние на процессы роста и полового развития детей в частности, не оставляет сомнений необходимость строгого контроля сбалансированности питания в комплексе с обоснованной коррекцией элементного статуса подрастающего поколения.

Список литературы

1. Баевский Р.М., Максимов А.Л., Берсенева А.П. Основы экологической валеологии человека. – Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2001. – 267 с.
2. Ивантер Э.В. Основы практической биометрии. Введение в статистический анализ биологических явлений. – Петрозаводск: Карелия, 1979. – 96 с.
3. Луговая Е.А., Атласова Е.М. Содержание биоэлементов в волосах детей дошкольного возраста г. Магадана // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 9. – Ч. 4. – С. 811–815.
4. Скальная М.Г., Демидов В.А., Скальный А.В. О пределах физиологического (нормального) содержания Ca, Mg, P, Fe, Zn и Cu в волосах человека // Микроэлементы в медицине. – 2003. – № 4 (2). – С. 5–10.
5. Скальный А.В. Референтные значения концентраций химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС (АНО Центр биотической медицины) // Микроэлементы в медицине. – 2003. – № 4(1). – С. 55–56.

Reference

1. Baevskiy R.M., Maksimov A.L., Berseneva A.P. Osnovy ekologicheskoy valeologii cheloveka. Magadan: SVNC DVO RAN, 2001. 267 p.
2. Ivanter Je.V. Osnovy prakticheskoy biometrii. Vvedenie v statisticheskij analiz biologicheskikh javlenij. Petrozavodsk: «Karel'ija», 1979. 96 p.
3. Lugovaya E.A., Atlasova E.M. Soderzhanie bioelementov v volosah detej doshkol'nogo vozrasta g. Magadana // Fundamental'nye issledovaniya. 2012. no. 9. Chast' 4. pp. 811–815.
4. Skalnaya M.G., Demidov V.A., Skalny A.V. O predelakh fiziologicheskogo (normal'nogo) sodержaniya Ca, Mg, P, Fe, Zn i Cu v volosah cheloveka. Mikroelementy v medicine. 2003. no. 4 (2). pp. 5–10.
5. Skalny A.V. Referentnye znachenija koncentracii himicheskikh jelementov v volosah, poluchennye metodom ISP-AJeS (ANO Centr bioticheskoy mediciny) // Mikrojelementy v medicine. 2003. no. 4(1). pp. 55–56.

Рецензенты:

Горбачев А.Л., д.б.н., профессор ГОУ «Северо-Восточный государственный университет», г. Магадан;

Соловчук Л.Л., д.б.н., профессор, главный научный сотрудник лаб. популяционной генетики Института биологических проблем Севера ДВО РАН, г. Магадан.

Работа поступила в редакцию 07.11.2012.