

В.Ю. Детков¹, А.В. Скальный²

Содержание химических элементов в волосах детей, проживающих в Санкт-Петербурге

¹Детская городская больница № 19 им. К.А. Раухфуса, Санкт-Петербург²Институт токсикологии Федерального медико-биологического агентства России, Санкт-Петербург

Резюме. Представлены сведения об элементном статусе детей, проживающих в Санкт-Петербурге, за последние 15 лет. Показана связь изменений в элементном статусе детей с показателями антиоксидантной, антитоксической и симпатoadреналовой систем. В 2004–2010 гг. обследовано 779 детей (414 девочек и 365 мальчиков в возрасте от 3 до 15 лет), постоянно (3 и более лет) проживающих в Санкт-Петербурге. Волосы детей с затылочной части головы подвергались спектральному анализу (атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии) на содержание 25 химических элементов. Спектральный анализ волос является биохимическим маркером, который не реагирует на кратковременные изменения в питании и способен отражать картину обеспеченности химическими элементами организма на протяжении нескольких месяцев. Установлено, что абсолютное содержание химических элементов в волосах детей Санкт-Петербурга снижено по сравнению с детьми других городов России. Наряду с повышенным содержанием свинца и кадмия, дети Санкт-Петербурга испытывают дефицит магния, кальция, кобальта, йода, цинка, марганца, меди и селена. Массовая распространенность гипозлементозов, а также относительно высокая частота избыточного накопления у детей свинца и кадмия требуют незамедлительной разработки и проведения в Санкт-Петербурге пиццентицевтической коррекции.

Ключевые слова: Санкт-Петербург, детское население, элементный статус, анализ волос, макроэлементы, микроэлементы.

Введение. Город Санкт-Петербург испытывает интенсивную антропогенную нагрузку, что накладывает отпечаток на «элементный портрет» его жителей. По мнению ведущих ученых-гигиенистов и токсикологов [9–11, 17], определение содержания химических элементов в волосах является интегративным показателем в гигиенической донозологической диагностике состояния здоровья человека, его адаптации к условиям проживания и обеспеченности микронутриентами. При этом в целях скрининга следует проводить многоэлементный анализ волос, позволяющий оценить не только абсолютное содержание химических элементов в волосах как отражение их обмена в организме, но и увидеть межэлементные взаимоотношения, синергизм и антагонизм макро- и микроэлементов [4, 5, 12, 14, 15].

Ю.Н. Лобановой [7] установлено, что для детей характерно достоверно ($p < 0,05$) повышенное (в 1,2 раза) содержание в волосах фосфора (P) и железа (Fe) на фоне пониженного (в 1,2 раза) уровня цинка (Zn). В волосах детей Санкт-Петербурга определены максимальные для данного исследования значения практически всех токсичных элементов по сравнению с Москвой, Тулой, Магаданом, Новосибирском и Иркутском.

У детей Санкт-Петербурга в волосах часто встречаются относительно низкие уровни содержания магния (Mg) – 62%, марганца (Mn) – 53%, Zn – 51%, хрома (Cr) – 46%, кальция (Ca) – 40%, калия (K) – 39%, кобальта (Co) – 38%, P – 34% и селена (Se) – 30%. Развитию

дефицитов эссенциальных элементов способствует избыточное содержание в волосах кадмия (Cd) – 32%, ртути (Hg) и олова (Sn) – 22%, свинца (Pb), мышьяка (As) и никеля (Ni) – 21%, что согласуется с данными Т.С. Чернякиной [18]. Можно констатировать, что «элементный портрет» детей Санкт-Петербурга свидетельствует о развитии у них «синдрома мегаполиса» [15], который характеризуется развитием в элементном статусе значительных дефицитных состояний таких эссенциальных элементов, как Mg, Zn, Ca, в результате неблагоприятных воздействий городского окружения. Выявлено, что дети, живущие в Санкт-Петербурге, испытывают максимальные отрицательные эффекты от дефицитов Mg, Mn, Na, Se и Si. Таким образом, комплексное эколого-физиологическое исследование, проведенное Ю.Н. Лобановой [7], выявило особенности элементного статуса детского населения различных регионов России и их связь с природно-климатическими и экологическими условиями жизни. В целом показатели элементного статуса закономерно ухудшаются в последовательности городов Москва→Магадан→Новосибирск→Иркутск→Тула→Санкт-Петербург.

Экологозависимое нарушение процессов роста и развития детей было подтверждено С.М. Ловцевичем [8]. В среднем более чем у 60% детей и подростков выявлены дефициты Mg, Cu, Ca, Zn, Se, а у 30% детей – накопление Pb. Автором установлено, что у детей дошкольного возраста наибольший дефицит эссенциальных элементов, у младших школьников –

максимальное накопление токсичных элементов в волосах, тогда как у подростков – элементный статус наиболее сбалансирован.

Т.С. Чернякиной [18] выявлены особенности изменения элементного статуса у детей 4–17 лет Санкт-Петербурга в зависимости от возраста и пола. Данные изменения характеризуют различия в процессах адаптации растущего организма к изменяющимся условиям окружающей среды и жизнедеятельности (антиоксидантной и антитоксической защите, напряжению симпатoadреналовой системы). Пониженные по сравнению со средним по России содержанием концентрации эссенциальных элементов – Ca и Se в биосредах детей отражают малое их содержание соответственно в питьевой воде и продуктах питания. С пониженным содержанием Ca и Se в волосах детей связано накопление в организме их антагониста – Pb, что подтверждено превышением биологически допустимого уровня концентрации Pb в волосах у 17,48% детей и в сыворотке крови – у 12,1%.

Возникшее в результате антропогенного загрязнения окружающей среды и неблагоприятных геохимических факторов нарушение минерального гомеостаза в виде дефицитов Ca, Co, Si, Se может создавать предпосылки для роста заболеваемости (сердечно-сосудистая и иммунная системы, болезни крови и опорно-двигательного аппарата, болезни бронхов и легких), а дисбаланс минеральных элементов медиаторного обмена.

Анализ элементного состава волос дошкольников мегаполиса, проведенный Т.В. Волосниковой [3], также выявил у подавляющего большинства детей сочетанный дефицит комплекса эссенциальных элементов, таких как Mn, Ca, Co, Mg, Se. У 35% детей в биопробах был обнаружен в волосах дефицит Na, причем у трети из них содержание Na в 5 раз ниже возрастной нормы (у остальных дефицит колебался в пределах 1,3–2,6 раза). В 62,5% наблюдений имел место недостаток Ca (он колебался в пределах от 1,3 до 3,1 раза ниже возрастной нормы). Автором было также обнаружено, что отличные от нормы концентрации K в волосах имеют место у 35% детей, причем у некоторых из них в биопробах наблюдался дефицит K (пределы колебаний – в 1,3–5,0 раз ниже нормы), а у других – превышение (пределы колебаний – в 1,3–5,1 раз выше нормы). Выявлено, что у 47,5% детей концентрация йода (J) в волосах была ниже возрастной нормы. У более 50% детей в волосах было отмечено недостаточное содержание Mg (пределы колебаний в 1,3–2,4 раза ниже нормы). У каждого 4-го из обследованных детей был отмечен дефицит Mn (пределы колебаний – в 1,3–2,5 раз ниже возрастной нормы).

Цель исследования. Проанализировать элементный статус детей, проживающих в Санкт-Петербурге за последние 15 лет.

Материалы и методы. В 2004–2010 гг. обследовано 779 детей (414 девочек и 365 мальчиков в возрасте 3–15 лет), постоянно (3 и более лет) проживающих

в Санкт-Петербурге. Дети проходили поликлиническое обследование в Городской детской клинической больнице № 19 им. К.А. Раухфуса. Наличие тяжелой патологии исключалось, все дети были отнесены к 1-й и 2-й группам здоровья. У них отбирались волосы с затылочной части для химического анализа в соответствии с медицинской технологией «Выявление и коррекция нарушений минерального обмена организма человека» (зарегистрирована Федеральной службой по надзору в сфере здравоохранения и социального развития, № ФС-2007/128). Все лабораторные исследования были выполнены в клиничко-диагностической лаборатории автономной некоммерческой организации «Центр биотической медицины», г. Москва.

Перед минерализацией образцы волос обрабатывали в ацетоне (осч) 10–15 мин с последующей трехкратной промывкой деионизированной водой. После этого их выдерживали при температуре +60°C до воздушно-сухого состояния. Навески образцов массой ~ 0,05 г минерализовались в тefлоновых вкладышах с 5 мл азотной кислоты (осч) в системе микроволнового разложения «Multiwave 3000» фирмы «PerkinElmer-A. Paar», (Австрия), с использованием следующего режима: 5 мин повышение температуры до +200°C, 5 мин выдерживание при +200°C, затем охлаждение до +45°C. Полученные растворы количественно переносили в 15 мл полипропиленовые пробирки. Тefлоновые вкладыши и крышки промывались трижды деионизированной водой с перенесением смыва в соответствующие пробирки. Затем растворы доводили до объема 15 мл деионизированной водой и тщательно перемешивали встряхиванием в закрытых пробирках. Определение химических элементов в образцах проводилось комбинированным методом «ИСП-АЭС/МС» с использованием спектрометров «Optima 2000 DV» фирмы «PerkinElmer» (Соединенные Штаты Америки) и «ELAN 9000» фирмы «PerkinElmer-Sciex» (Канада) [13]. Градуировку приборов проводили с использованием моноэлементных растворов «PerkinElmer». Качество определения контролировали с помощью референтного образца «GBW09101» (Шанхайский институт ядерных исследований, Китай).

Результаты и их обсуждение. Установлено, что в волосах детей Санкт-Петербурга, по сравнению с другими городами России, содержание химических элементов снижено [2, 6, 7, 12] (табл. 1).

Анализ распространенности гиперэлементозов (по классификации А.П. Авцына с соавт. [1]) среди детского населения Санкт-Петербурга показал относительно высокую частоту превышений биологически допустимого уровня (БДУ) по Pb и Cd (9,3 и 5,1%; 5,5 и 4,6% у мальчиков и девочек), условного биологически допустимого уровня (УБДУ) по Se у девочек и мальчиков (6,3 и 4,2%), по Si (5,1 и 13% соответственно), Cd – только у мальчиков (5,5%), таблица 2.

Однако более значимой для детского населения города является проблема высокой распространенности гипозэлементозов. Так, у детей Санкт-Петербурга

Таблица 1

Содержание химических элементов в волосах детей 3–15 лет, проживающих в Санкт-Петербурге, мг/кг (Ме (q25–q75))

Элемент	Девочки	Мальчики
Макроэлементы		
Ca	254 (167–434)	255 (161–381)
K	152 (41–773)	322 (117–913)
Mg	22,6 (14,8–39,9)	19,1 (12–29)
Na	177 (68–622)	339 (110–857)
P	135 (117–158)	136 (117–159)
Эссенциальные микро- и ультрамикроэлементы		
Fe	21,6 (15,5–31,5)	20,1 (14,2–29)
J	0,791 (0,384–1,681)	0,656 (0,33–1,42)
Cu	10,46 (8,94–12,81)	10,17 (8,92–12,28)
Co	0,017 (0,009–0,038)	0,016 (0,01–0,035)
Cr	0,465 (0,315–0,744)	0,545 (0,39–0,875)
Se	0,438 (0,282–0,713)	0,441 (0,29–0,658)
Mn	0,441 (0,225–0,784)	0,339 (0,222–0,602)
Zn	136 (83–179)	132 (94–173)
Условно эссенциальные микро- и ультрамикроэлементы		
B	0,847 (0,382–1,721)	1,118 (0,595–2,309)
Li	0,019 (0,006–0,038)	0,024 (0,013–0,047)
Si	22 (13,3–37,6)	18,5 (12,4–29,3)
V	0,079 (0,048–0,132)	0,082 (0,05–0,146)
Ni	0,266 (0,152–0,524)	0,232 (0,148–0,434)
Токсичные микро- и ультрамикроэлементы		
Al	12,59 (8,37–21,11)	12,03 (7,94–19,14)
As	0,051 (0,021–0,112)	0,065 (0,021–0,15)
Be	0,002 (0,002–0,006)	0,002 (0,002–0,006)
Cd	0,04 (0,016–0,112)	0,06 (0,029–0,151)
Hg	0,304 (0,153–0,522)	0,253 (0,136–0,42)
Pb	0,739 (0,287–1,734)	1,238 (0,617–2,6)
Потенциально токсичные ультрамикроэлементы		
Sn	0,277 (0,135–0,577)	0,24 (0,119–0,555)

Примечание: Ме – медиана; q25 – нижний квартиль; q75 – верхний квартиль.

повышена распространенность дефицитов макроэлементов Mg (57% среди мальчиков и 52% среди девочек), Ca (51% среди девочек и 47% среди мальчиков). Из микроэлементов следует выделить высокую частоту дефицитов Co (70 и 83% среди девочек и мальчиков соответственно), J (42%) среди мальчиков (у девочек этот показатель равен 36%), Zn и Mg среди девочек (по 41%), и мальчиков (46 и 49%). Также высокой оказалась частота дефицитов в волосах P (34 и 40% у девочек и мальчиков соответственно), Cu и Se (31 и 34%; 36 и 31% соответственно).

Для сравнения, у детей г. Москвы наиболее выраженными по сравнению с остальными территориями Центрального федерального округа относительные дефициты в волосах Fe (37% у девочек, 33,5% у мальчиков), Mn (49 и 50,7% соответственно), а также

Таблица 2

Встречаемость отклонений от нормы по результатам элементного анализа волос у детей Санкт-Петербурга в возрасте 3–15 лет, %

Элемент	Девочки		Мальчики	
	повышено	понижено	повышено	понижено
Al	4,6	1,2	5,8	0,8
As	2,4	0	1,6	0
B	2,9	0	5,6	0
Be	0	0	0	0
Ca	7,7	50,7	6,7	47,3
Cd	4,6	0	5,5	0
Co	0,7	70,3	0,3	83,2
Cr	20,8	27,8	29,9	18,7
Cu	15,5	30,9	14,5	34,4
Fe	30	11,8	29,8	14,5
Hg	3,0	0	1,0	0
J	11,6	35,5	7,2	41,7
K	23,9	32,1	32,6	20,3
Li	2,7	0	1,1	0
Mg	10,1	52,4	8,5	57,1
Mn	10,6	40,6	7,2	48,6
Na	27,1	27,8	34,3	19,5
Ni	2,7	0	3,6	0
P	18,6	34,1	12,4	39,6
Pb	5,1	0	9,3	0
Se	6,3	36,1	4,1	31,3
Si	23,9	13,3	14,0	19,2
Sn	2,0	0	2,3	0
V	1,5	0	1,2	0
Zn	11,1	40,9	11,1	46,0

характерна повышенная частота распространенных дефицитов Mg, Ca, Si для мальчиков и девочек, и J для мальчиков [15]. Для детей Волгоградской области (население 2,6 млн, из них 1 млн проживает в г. Волгограде) характерна высокая степень распространенности дефицитов Ca, Cu, Fe, Co (для всех детей), Mg, Na, J (для девочек), Mn (для мальчиков) [19]. У детей Ростовской области (население 4,25 млн чел., из них 2,16 млн чел. проживает в пределах агломерации) отмечается увеличенная частота избыточного содержания в волосах токсикантов Cd, а также Pb (только у мальчиков). Кроме того, характерен дефицит Cr [19].

Заключение. Выявлено, что для детей, постоянно проживающих в Санкт-Петербурге, приоритетной проблемой является массовая распространенность дефицитов важнейших макроэлементов: Ca и Mg, жизненно важных микроэлементов: Co, Zn, Mg, Cu, Se, J. Выявленные дефициты, а также гиперэлементозы Pb и Cd требуют незамедлительной разработки и проведения в городе целенаправленных мероприятий по коррекции нарушений в элементном статусе и улучшения показателей среды обитания.

Литература

1. Авцын, А.П. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / А.П. Авцын [и др.]. – М.: Медицина, 1991. – 496 с.
2. Бурцева, Т.И. Особенности питания и элементный состав волос учащихся колледжей Оренбургского государственного университета: дис. ... канд. биол. наук / Т.И. Бурцева. – Оренбург, 2005. 124 с.
3. Волосникова, Т.В. Физическая культура в системе управления оздоровлением дошкольников в экологических условиях мегаполиса: автореф. дис. ... д-ра пед. наук / Т.В. Волосникова. – СПб., 2011. – 44 с.
4. Грабеклис, А.Р. Половые, возрастные и эколого-географические различия в элементном составе волос у детей 7–14 лет, проживающих в различных регионах России: автореф. дисс. ... канд. биол. наук / А.Р. Грабеклис. – СПб., 2009. – 24 с.
5. Грабеклис, А.Р. Изменения в элементном составе волос при производственном контакте с токсичными металлами / А.Р. Грабеклис [и др.] // Акт. пробл. трансп. медицины. – 2010. – № 4. С. 124–131.
6. Егорова, Г.А. Распространенность дисбалансов минерального обмена на территории республики Саха (Якутия). Ч. 2. Детское население / Г.А. Егорова // Вестн. восстановительной медицины: Диагностика. Оздоровление. Реабилитация: орган Ассоциации специалистов восстановительной медицины. – 2008. – № 1. – С. 25–28.
7. Лобанова, Ю.Н. Особенности элементного статуса детей различных регионов России: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Ю.Н. Лобанова. – М., 2007. – 20 с.
8. Ловцевич, С.М. Научные основы организации оздоровительных программ для детского населения в крупном промышленном центре: дис. ... канд. мед. наук / С.М. Ловцевич. – СПб., 2006. – 156 с.
9. Любченко, П.Н. Скрининговые методы для выявления групп повышенного риска среди рабочих, контактирующих с токсичными химическими элементами / П.Н. Любченко, Б.А. Ревич, И.И. Левченко // Метод. реком. Утв. МЗ СССР 28.11.1988 г. – М., 1988. – 24 с.
10. Маймулов, В.Г. Основы системного анализа в эколого-гигиенических исследованиях / В.Г. Маймулов. – СПб.: СПбГМА им. И.И. Мечникова, 2000. – 342 с.
11. Ревич, Б.А. Научные основы гигиенических исследований окружающей среды городов с использованием геохимических методов: автор. дисс. ... докт. мед. наук / Б.А. Ревич. – М., 1992. – 48 с.
12. Скальная, М.Г. Гигиеническая оценка влияния минеральных компонентов рациона питания и среды обитания на здоровье населения мегаполиса: автореф. дисс. ... докт. мед. наук / М.Г. Скальная. – Москва. – 2005. – 42 с.
13. Скальный, А.В. Установление границ допустимого содержания химических элементов в волосах детей с применением центильных шкал / А.В. Скальный // Вестн. СПбГМА им. И.И. Мечникова. – 2002. – № 1–2 (3). – С. 62–65.
14. Скальный, А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека / А.В. Скальный. – М.: Мир, 2004. – 216 с.
15. Скальный, А.В. Эколого-физиологическое обоснование эффективности использования макро- и микроэлементов при нарушениях гомеостаза у обследуемых из различных климатогеографических регионов: дисс. ... докт. мед. наук / А.В. Скальный – М., 2000. – 352 с.
16. Скальный, А.В. Связь элементного статуса населения Центрального федерального округа с заболеваемостью. Ч. 2. Эссенциальные и условно эссенциальные химические элементы: Al, As, Be, Cd, Hg, Pb, Sn / А.В. Скальный [и др.] // Микроэлементы в медицине. – 2012. – Т. 13. – Вып. 2. – С. 1–7
17. Токсикологическая химия. Аналитическая токсикология: учебник / С.А. Еремин [и др.] // под ред. Р.У. Хабриева, Н.И. Калетиной. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 752 с.
18. Чернякина Т.С. Научное обоснование системы оздоровления детей в напряженных экологических и социально-гигиенических условиях: автореф. дис. ... д-ра мед. наук / Т.С. Чернякина. – СПб., 2006. – 48 с.
19. Элементный статус населения России. Ч. 3. Элементный статус населения Северо-Западного, Южного и Северо-Кавказского федеральных округов / Л.И. Афтanas [и др.] // под ред. А.В. Скального, М.Ф. Киселева. – СПб.: Элби-СПб, 2012. – 448 с.

V. Yu. Detkov, A. V. Skalny

The content of chemical elements in the hair of children living in Saint-Petersburg

Abstract. The paper presents description of mineral status of the child population in Saint-Petersburg over the last 15 years, based on literature review and own data of the authors. The relation between the changes in mineral status of children and the parameters of antioxidant, anti-toxic, sympathoadrenal system is shown. In period 2004–2010 we have examined 779 children (414 girls and 365 boys aged 3–15 years), permanently residing (3 and more years) in Saint-Petersburg. Children’s hair from the back of the head was analyzed by 25 chemical elements by means of atomic emission spectrometry and mass spectrometry. Hair analysis is a biochemical marker that does not respond to short-term changes in diet and is able to reflect the picture of maintenance of chemical elements of the body for several months. The analysis of the absolute content of chemical elements in the hair of the child population of the city is characterized by mostly lower rates compared with those obtained in other Russian cities. Along with higher rates of lead and cadmium, the main problem for children is deficiencies of magnesium, calcium, cobalt, iodine, zinc, manganese, copper and selenium. Mass prevalence of the hypoelementoses and a relatively high frequency of excessive accumulation of lead and cadmium in children necessitate urgent designing and conducting their dietary-nutraceutical correction.

Key words: Saint-Petersburg, child population, mineral status, hair analysis, macro elements, trace elements.

Контактный телефон: 8-921-914-43-24; e-mail:db19@zdrav.spb.ru