

УДК 612.799.1.015:612.017.2

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТНОГО ГОМЕОСТАЗА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ

© 2014 г. А. В. Скальный, *С. А. Мирошников, С. В. Нотова, И. П. Болодурина, **С. В. Мирошников, И. Э. Алиджанова

Оренбургский государственный университет,

*Всероссийский институт мясного скотоводства Россельхозакадемии,

**Оренбургская медицинская академия, г. Оренбург

Проведено исследование элементного состава волос жителей Оренбургской области ($n = 1\,748$) в возрасте от 8 до 65 лет методами ИСП-АС и ИСП-МС. Результаты собственных исследований по содержанию химических элементов в волосах сравнивали с центильными интервалами (25–75), полученными при проведении популяционных исследований в различных регионах России. Выявлено снижение значений 25–75 центилей для селена, кобальта, хрома на величину от 2 до 5 раз в сравнении со среднероссийскими значениями, не обнаружено выраженного влияния региона проживания на центильные значения токсичных элементов – кадмия, свинца, олова. У большого количества обследованных наблюдался избыток магния, кремния и лития. Полученные в работе результаты рекомендуются для оценки элементного состава волос жителей Оренбургской области.

Ключевые слова: гомеостаз, элементный статус, физиология, региональные нормы

Химические элементы являются неотъемлемыми компонентами многих ферментных систем, от работы которых зависит физиологическое состояние организма, процессы его роста и развития. Существует ряд химических веществ, проявляющих по отношению к человеческому организму токсические свойства, отрицательно влияя на физиологические процессы. В этой связи определение содержания химических элементов в организме человека представляет собой задачу, решение которой существенно расширило бы возможности профилактики и коррекции нарушений здоровья, роста и развития организма на уровне непосредственных биохимических механизмов.

Учение об элементозах человека в последние годы прошло путь от разработки аналитических методов исследования и первичного формирования баз данных до определения способов нахождения референтных и центильных значений элементного состава биосубстратов человека, отражающих содержание жизненно необходимых и токсичных элементов [1–3, 10, 11]. Результатом дальнейших работ в этом направлении стала разработка гипотез, предсказывающих по динамике элементного состава биосубстратов человека развитие патологии и коррекции элементного статуса человека [7, 12]. В соответствии с одной, наиболее широко используемой гипотезой, апробированной на практике в амбулаторно-поликлинических условиях, элементный состав биосубстратов человека сопоставляется с «нормой», если его значение соответствует интервалу 25–75 центиля как соответствующее среднему значению содержания данного химического элемента в популяции. Значения, лежащие в интервале от 10 до 25 и от 75 до 90 центиля, предложено рассматривать как отклонения, соответствующие состоянию «предболезни». Показатели содержания химических элементов в интервале от 0 до 10 и от 90 до 100 центиля максимально отражают состояние болезни и ассоциируются с четкой клинической манифестацией специфических для элементозов синдромов и симптомов [12]. Вышеописанная гипотеза вполне обоснована и в целом подтверждается опытом работы АНО «Центр биотической медицины». Однако дальнейшее развитие учения невозможно без изучения особенностей статуса населения различных биогеохимических провинций и оценки региональных особенностей элементного гомеостаза, что определяет содержание данной работы.

Методы

В ходе исследований проанализирован элементный состав биосубстратов (волосы) жителей Оренбургской области ($n = 1\,748$) в возрасте от 8 до 65 лет. Отбор проб биосубстратов человека (волосы) и пищевых продуктов проводился в соответствии с методическими указаниями 4.1.1482-03 и 4.1.1483-03. Анализ исследуемых образцов осуществлялся по 23 химическим элементам в лаборатории АНО «Центра

биотической медицины» г. Москва (аттестат аккредитации ГСЭН.RU.ЦОА.311, регистрационный номер в Государственном реестре РОСС RU.0001.513118 от 29 мая 2003 г.).

Определение элементного состава оцениваемых проб производили методами атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой на приборах Optima 2000 DV и ELAN 9000 (PerkinElmer, США). В качестве стандартного образца использовался сертифицированный стандартный образец волос человека GBW 09101 "Human Hair" (Shanghai Institute of Nuclear Research Academia Sinica, China P.O.Box 8204, Shanghai 201849). Пробоподготовка осуществлялась методом микроволнового разложения на приборе Multiwave3000, A.Paar. Результаты собственных исследований по содержанию химических элементов в волосах сравнивали с центильными интервалами (25–75), полученными при проведении популяционных исследований в различных регионах России [10].

Центильный метод является способом оценки здоровья, который позволяет выявить и оценить изменения в организме здоровья на стадии предболезни. Центильный метод анализа относится к непараметрическим методам статистики и не смещает оценку показателя в сторону увеличения или снижения, так как учитывает все реальности вариационного ряда.

Обработка полученного материала проводилась с помощью общепринятых статистических методов с применением программы «Excel» из пакета «Microsoft Office XP». Статистический анализ включал определение средних значений, стандартного отклонения и оценку значимости различий по Стьюденту с учетом величины выборки [5].

Результаты

Оценка границ центильных интервалов элементного состава волос обследованных жителей Оренбургской области позволила выявить ряд элементов, содержание которых у большинства оренбуржцев отличается от среднероссийских данных, то есть ниже 25 и выше 75 центиля (рисунок).

Наиболее показательные данные получены по селену и кобальту, содержание которых в волосах соответственно у 97,0 и 81,0 % обследованных жителей Оренбургской области было ниже 25 центиля. У большого количества обследованных наблюдался избыток магния (45,5 %), кремния (47,0 %) и лития (60,0 %).

Статистическая обработка всей совокупности данных о содержании элементного состава волос

обследованных лиц позволила выявить значительные отличия по величине центильных интервалов целого ряда элементов [8]. Причем наибольшие расхождения по значениям 25 и 75 центилей наблюдались для кобальта (3,3 и 5,3 раза), йода (28,6 % и 3,4 раза), лития (0 и 3,9 раза), селена (3,5 и 5,2 раза) соответственно (табл. 1).

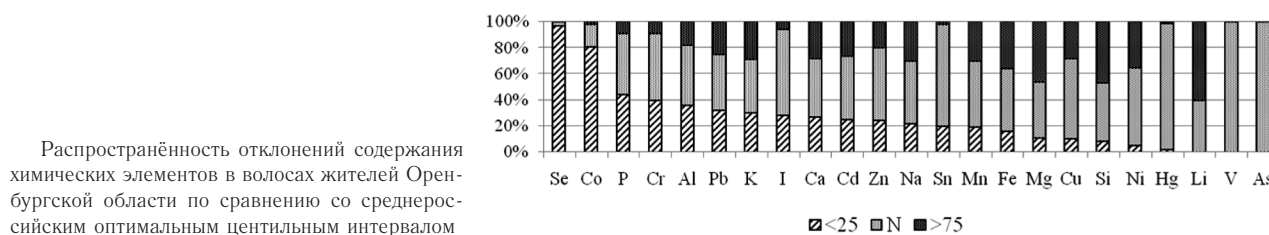
Таблица 1

Сравнение среднероссийских и региональных значений оптимальных центильных интервалов содержания химических элементов в волосах, мг/кг

Элемент	Среднероссийское значение		Региональное значение			
	25 центиль	75 центиль	min	max	25 центиль	75 центиль
Ca	494	1619	167	8464	479	2156
Mg	39	137	18	1208	65	248
P	135	181	8,76	375	122	160
Na	73	331	3,75	10820	81	403
K	29	159	2,32	10140	25	193
Co	0,04	0,16	0,0002	0,45	0,012	0,03
Cr	0,32	0,96	0,003	2,56	0,25	0,57
Cu	9	14	4,64	96,9	9,98	14,4
Fe	11	24	4,92	764	12,8	29,6
As	0,00	0,56	0,0012	0,37	0,02	0,07
I	0,27	4,2	0,0001	155	0,21	1,24
Li	0,00	0,02	0,003	0,89	0,016	0,077
Mn	0,32	1,13	0,004	57,7	0,38	1,3
Ni	0,14	0,53	0,02	15,6	0,25	0,65
Se	0,69	2,2	0,002	3,06	0,2	0,42
Si	11	37	0,6	447	19,5	58
V	0,005	0,5	0,002	0,54	0,057	0,11
Zn	155	206	71,9	440	155	199
Cd	0,02	0,12	0,0001	7,02	0,019	0,12
Hg	0,05	2,0	0,01	4,92	0,17	0,64
Al	1	18	0,01	228	4,37	14,2
Pb	0,38	1,4	0,06	50,6	0,32	1,38
Sn	0,05	1,5	0,007	9,56	0,04	0,15

У жителей Оренбургской области менее значительными оказались изменения в значениях 25 и 75 центилей для макроэлементов: фосфора на 10,7 и 13,1 %, натрия на 11,0 и 21,8 %, калия на 16,0 и 21,4 % и т. д.

Закономерно, что условия, сложившиеся в регионе, оказали заметное влияние на элементный состав «метаболически не активных» тканей человека.



Распространённость отклонений содержания химических элементов в волосах жителей Оренбургской области по сравнению со среднероссийским оптимальным центильным интервалом

При этом в исследованиях не выявлено выраженного влияния региона проживания на центильные значения токсичных элементов — кадмия, свинца, олова, что определяет темы дальнейших исследований.

Фактически среднероссийские и региональные значения при достаточно близких значениях стандартного отклонения отличаются по свинцу на 3,9 %, никелю на 2,6 %, кадмию на 1,0 % (табл. 2).

Таблица 2

Сравнение среднероссийских и региональных средних значений содержания химических элементов в волосах с учетом различий в стандартных отклонениях, мг/кг

Элемент	Среднероссийское значение		Региональное значение		$\frac{\sigma_{\text{рф}}}{\sigma_{\text{рег}}}$
	Среднее значение $m_{\text{рф}}$	Стандартное отклонение $\sigma_{\text{рф}}$	Среднее значение $m_{\text{рег}}$	Стандартное отклонение $\sigma_{\text{рег}}$	
Mg	88	49	156,5	91,58	0,54
Ca	1056,5	562,5	1317,5	838,5	0,67
Si	24	13	38,75	19,25	0,68
Fe	17,5	6,5	21,2	8,4	0,77
K	94	65	109	84	0,77
Na	202	129	242	161	0,8
Mn	0,725	0,405	0,84	0,46	0,88
Pb	0,89	0,21	0,85	0,53	0,96
Ni	0,335	0,195	0,45	0,2	0,98
Cd	0,07	0,05	0,07	0,05	1
Cu	11,5	2,5	12,19	2,21	1,13
Zn	180,5	25,5	177	22	1,15
P	158	23	141	19	1,21
Cr	0,64	0,32	0,41	0,16	2
Co	0,1	0,06	0,021	0,009	6,67
Se	1,445	0,755	0,31	0,11	6,86

Обсуждение результатов

Анализируя полученные результаты, можно констатировать, что все вышеописанные изменения вполне закономерны и определяются влиянием региональных особенностей. Например, выявленные особенности среднего содержания селена, кобальта и хрома в волосах обследованных жителей Оренбургской области можно объяснить дефицитом этих элементов в рационах питания [6]. В частности, фактическое содержание селена в суточном рационе школьников ($n = 84$) составило ($4,6 \pm 0,30$) мкг; кобальта ($2,8 \pm 0,2$) мкг; хрома ($8,01 \pm 0,40$) мкг, йода ($0,08 \pm 0,007$) мг, это в 6,5; 3,6; 1,9 и 0,5 раза соответственно было ниже рекомендованных уровней потребления (МР 2.3.1.1915-04; МР 2.3.1.2432-08). Аналогичная разница выявлена при оценке рационов питания взрослого населения области. Дефицит поступления микроэлементов сопровождался общим снижением интенсивности обмена организма с внешней средой, что выражалось значительным снижением уровня элементов в моче обследованных. Так, содержание кобальта в моче школьников составляло около 0,0012–0,0016 мг/л, селена 0,058–0,076 мг/л, что ниже нормативов, определенных для этого биосубстрата ранее [4]. Приведенные данные в совокупности

с результатами исследований свидетельствуют о том, что региональные особенности во многом определяют состав биосубстратов человека. Однако оценка элементного состава волос сама по себе не способна в полной мере охарактеризовать специфические особенности обмена отдельных веществ. Ввиду перераспределения элементов внутри организма химический анализ «метаболически не активных» тканей (волосы, ногти) является только первым этапом в выявлении и коррекции элементозов.

Этот вывод можно подтвердить материалами, полученными в ранее проведенных исследованиях на моделях животных. В эксперименте на фоне одного и того же рациона питания (полноценный комбикорм) оценивалось содержание меди в тканях тела лабораторных животных при дополнительном введении в рацион целлюлозолитического препарата, депрессирующего всасывание меди [9]. Медьдефицитное состояние сопровождалось снижением «пула» этого элемента в тканях крыс на 34,8 % ($p < 0,001$) после 9 недель опыта, что подтверждалось снижением концентрации меди в шерсти на 23,4 % ($p < 0,001$). На модели цыплят после двух недель скормливания препарата содержание меди в тканях тела снизилось на 6,5 %, после четырех — на 9,1 % ($p = 0,003$). Это сопровождалось снижением содержания элемента в перо на 34,0 % ($p = 0,004$) и 42,4 % ($p < 0,001$) соответственно. Происходило закономерное перераспределение элемента из метаболически менее «активных» тканей в кровь и внутренние органы. При этом в последних содержание меди было неизменным на протяжении всего эксперимента.

Таким образом, в работе изучен и систематизирован материал по элементному статусу жителей Оренбургской области. Выявлено значительное отклонение региональных оптимальных центильных интервалов от среднероссийских показателей для селена, кобальта и хрома. Полученные результаты рекомендуются для оценки элементного состава волос жителей Оренбургской области.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № 262).

Список литературы

1. Авцын А. П., Жаворонков А. А., Риш М. А., Строчкова Л. С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М.: Медицина, 1991. 496 с.
2. Агаджанян Н. А., Скальный А. В. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека. М.: КМК, 2001. 83 с.
3. Агаджанян Н. А., Нотова С. В. Стресс, физиологические и экологические аспекты адаптации путем коррекции, Оренбург: ОГУ, 2009. 274 с.
4. Бурцева Т. И., Нотова С. В., Малышева Н. В., Горелова Ж. Ю., Скальный А. В., Бурлуцкая О. И. Гигиеническая оценка питания школьников Оренбургской области (в рамках экспериментального проекта по организации питания) // Вопросы современной педиатрии. 2008. Т. 7, № 6. С. 39–43.

5. Лакин Г. Ф. Биометрия. М. : Высшая школа, 1990. С. 352.

6. Мирошников С. А., Бурцева Т. И., Голубкина Н. А., Нотова С. В., Скальный А. В., Буруцкая О. И. Гигиеническая оценка селенового статуса Оренбургского региона // Вестник Оренбургского государственного университета. 2008. № 12. С. 95–98.

7. Никанов А. Н., Кривошеев Ю. К., Гудков А. Б. Влияние морской капусты и напитка «Альгапект» на минеральный состав крови у детей — жителей г. Мончегорска // Экология человека. 2004. № 2. С. 30–32.

8. Нотова С. В., Мирошников С. А., Болодурин И. П., Дидикина Е. В. Необходимость учета региональных особенностей в моделировании процессов межэлементных взаимодействий в организме человека // Вестник ОГУ. 2006. № 2 (Биоэлементология). С. 5963.

9. Нотова С. В., Мирошников С. А., Лебедев С. В., Канавина О. Н., Кван О. В., Мирошникова Е. П. Способ повышения эффективности действия ферментного препарата : пат. 2292734 Рос. Федерация. № 2004136097/13(039258; заявл. 09.12.2004; опубл. 20.05.2006).

10. Скальный А. В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС // Микроэлементы в медицине. 2003. Т 4, вып. 1. С. 55–56.

11. Скальный А. В. Установление границ допустимого содержания химических элементов волосах детей с применением центильных шкал // Профилактическая и клиническая медицина. 2002. № 1–2. С. 62.

12. 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. Т. 4, вып. 2. С. 5–10.

References

1. Avtsyn A. P., Zhavoronkov A. A., Rish M. A., Storchkova L. S. *Mikroelementozy cheloveka: etiologiya, klassifikatsiya, organopatologiya* [Human microelementoses: etiology, classification, organopathology]. Moscow, Meditsina Publ., 1991, 496 p.

2. Agadzhanian N. A., Skalny A. V. *Khimicheskie elementy v srede obitaniya i eko-logicheskii portret cheloveka* [Chemical elements in the environment and eco-logical portrait of the man]. Moscow, 2001, 83 p.

3. Agadzhanian N. A., Notova S. V. *Stress, fiziologicheskie i ekotologicheskie aspek-ty adaptatsii putem korektsii* [Stress, physiological and ecological aspects of the adaptation by correcting]. Orenburg, 2009, 274 p.

4. Burceva T. I., Notova S. V., Malyshev N. V., Gorelova Zh. Y., Skalny A. V., Burlutskaya O. I. Hygienic evaluation of school feeding at Orenburg region (as a pilot project catering). *Voprosy sovremennoi pediatrii* [Current Pediatrics]. 2008, 7 (6), p. 39-43. [in Russian]

5. Lakin G. F. *Biometriya* [Biometrics]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1990, 352 p.

6. Miroshnikov S. A., Burceva T. I., Golubkina N. A., Notova S. V., Skalny A. V., Burlutskaya O. I. Hygienic assessment of selenium status of the Orenburg region. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Vestnik of the Orenburg State University]. 2008, 12, p. 95-98. [in Russian]

7. Nikanov A. N., Krivocheev J. K., Gudkov A. B. Influence of laminaria and the drink "Algapekt" on blood mineral composition in children - residents of Monchegorsk. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2004, 2, pp. 30-32. [in Russian]

8. Notova S. V., Miroshnikov S. A., Bolodurina I. P., Didikin E. V. The need for a regional perspective in modeling processes element interactions in the human body. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* [Vestnik of the Orenburg State University]. 2006, 2 (Bioelementologiya), p. 5963. [in Russian]

9. Notova S. V., Miroshnikov S. A., Lebedev S. V., Kanavina O. N., Kwan O. V., Mi-roshnikova E. P. *Sposob povysheniya effektivnosti deistviya fermentnogo preparata* [Method for improving the effectiveness of the enzyme of the medicine]. Patent 2292734 Ros. Federatsiya. N 2004136097/13(039258; zayavl. 09.12.2004; publ. 20.05.2006).

10. Skalny A. V. The reference values of the concentration of chemical elements in hair obtained by ICP-AES. *Mikroelementy v meditsine* [Trace elements in medicine]. 2003, 4, iss. 1, p. 55-56. [in Russian]

11. Skalny A. V. The delineation of the permissible content of chemical elements in the children's hair using centile scales. *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina* [Preventive and Clinical Medicine]. 2002, 1-2, p. 62. [in Russian]

12. Skalnaya M. G., Demidov V. A., Skalny A. V. The limits of physiological (normal) content Ca, Mg, P, Fe, Zn and Cu in human hair. *Mikroelementy v meditsine* [Micro-elements in medicine]. 2003, 4, iss. 2, p. 5-10. [in Russian]

REGIONAL FEATURES OF THE ELEMENTAL HOMEOSTASIS AS AN INDICATOR OF ECOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL ADAPTATION

A. V. Skalny, *S. A. Miroshnikov, S. V. Notova,
**S. V. Miroshnikov, I. P. Bolodurina, I. E. Alidzhanova

Orenburg State University, Orenburg,

*Russian Agricultural Academy's All-Russian Research Institute of Beef Breeding, Orenburg

**Orenburg State Medical Academy, Orenburg, Russia

The research presents element composition of residents hair in the Orenburg region (n = 1 748) aged 8 to 65 years by methods ICP-AS and ICP-MS. Own results on the content of chemical elements in hair compared with centile intervals (25-75) obtained during population studies in different regions of Russia. There was a reduction of 25-75 centiles values for selenium, cobalt, chromium from 2 to 5 times in comparison with the average Russian values. It is not found a distinct effect the region of residence centile on values of toxic elements - cadmium, lead and tin. A lot of the examined observables excess magnesium, silicon and lithium. The obtained results are recommended for evaluation of the elemental composition of hair residents Orenburg region.

Keywords: homeostasis, elementary status, adaptation, ecology, physiology, regional norms

Контактная информация:

Алиджанова Инара Эскендеровна — кандидат медицинских наук, зав. лабораторией Института микро- и нанотехнологий ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации

Адрес: 460018, г. Оренбург, пр. Победы, д. 13

Тел. (3532) 37-24-59

E-mail: inhip@mail.ru