

# ПРОБЛЕМНАЯ СТАТЬЯ

## О ПРЕДЕЛАХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО (НОРМАЛЬНОГО) СОДЕРЖАНИЯ Ca, Mg, P, Fe, Zn и Cu В ВОЛОСАХ ЧЕЛОВЕКА

## ABOUT THE LIMITS OF PHYSIOLOGICAL (NORMAL) CONTENT OF Ca, Mg, P, Fe, Zn and Cu IN HUMAN HAIR

М.Г. Скальная, В.А. Демидов, А.В. Скальный  
M.G. Skalnaya, V.A. Demidov, A.V. Skalny

АНО “Центр Биотической Медицины”, а/я 56, Москва 125047 Россия.  
ANO “Center for Biotic Medicine”, P.O.Box 56, Moscow 125047 Russia.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Москва, волосы, кальций, магний, фосфор, железо, цинк, медь.  
KEY WORDS: Moscow, hair, calcium, magnesium, phosphorus, iron, zinc, copper.

**РЕЗЮМЕ:** На основании данных элементного состава волос 21051 человека (1997–2002), постоянно проживающих в г. Москва (определение содержания Ca, Mg, P, Fe, Zn и Cu методом АЭС-ИСП), рассчитаны значения 3, 5, 10, 25, 50, 75, 90, 95 и 97 центилей для 13 половозрастных групп и предложены величины нижней и верхней границ нормального (физиологического) содержания указанных элементов в волосах человека.

**ABSTRACT:** Data about Ca, Mg, P, Fe, Zn, Cu hair content (gathered in 1997–2002 using ICP-AES method) of 21051 Moscow residents had been processed. On the basis of these data 3, 5, 10, 25, 50, 75, 90, 95 and 97 percentiles were calculated for 13 age-sex groups; values of lower and upper limits of normal (physiological) content of the elements in human hair were suggested.

В настоящее время актуальность изучения проблемы биологической роли макро- и микроэлементов не вызывает сомнений. Хорошо известно, что во многих регионах России большое влияние на здоровье населения оказывают как природно-обусловленные, так и имеющие антропогенную природу дефициты или избытки в организме химических элементов. В настоящее время установлено, что отклонения в поступлении в организм макро- и микроэлементов, нарушение их соотношений в рационе питания непосредственно сказываются на деятельности организма, могут снижать или повышать его сопротивляемость, а, следовательно, и способность к адаптации (Авцын и др., 1991; Агаджанян, Скальный, 2001; Бабенко, 2001; Велданова, 2002). В последние годы изучение микроэлементозов с помощью анализа волос получает все большее распространение среди ученых-медиков нашей страны, особенно

педиатров (Решетник, 2000; Велданова, 2002) и гигиенистов (Ревич, 1992; Черняева, 1995; Маймулов и др., 2000). Это связано с относительной простотой забора, хранения, пробоподготовки, а, главное, неинвазивностью данного обследования и возможностью одновременного определения широкого спектра показателей.

Анализ волос является одним из наиболее пригодных для целей массовых, скрининговых исследований состояния элементного баланса на популяционном и индивидуальном уровнях (Скальный, 2000а; Скальный и др., 2001). В тоже время во многих странах не существует официально принятых нормативных концентраций большинства химических элементов в волосах человека (исключение составляют ряд тяжелых металлов, например Pb, Cd, Hg, Mn, а также As и F) (Любченко и др., 1988). Полученные эмпирическим путем нормативы, используемые различными исследователями, в ряде случаев существенно различаются (Скальный, 2000б).

В настоящем исследовании нами была предпринята попытка установить границы нормального содержания химических элементов в волосах жителей г. Москвы, относящихся к различным половозрастным группам с помощью центильных шкал (Маймулов и др., 2000; Матвеева, 2000).

### Материалы и методы исследования

Для выполнения поставленных задач в период с 1997 по 2001 год было проведено обследование элементного состава волос жителей г. Москвы, распределение обследованных по полу и возрасту представлено в таблице 1.

В полученных образцах волос определялась концентрация Ca, Mg, P, Fe, Zn и Cu.

Таблица 1. Половозрастной состав обследованных жителей г. Москва.

Половозрастная группа		Количество обследованных
Дети	до 1 года	321
	от 1 года до 3 лет	1194
	от 4 до 6 лет	1305
Мальчики	от 7 до 11 лет	1021
Девочки	от 7 до 11 лет	1116
Мальчики	от 12 до 17 лет	777
Девочки	от 12 до 17 лет	1944
Мужчины	от 18 до 34 лет	1761
Женщины	от 18 до 34 лет	1810
Мужчины	от 35 до 49 лет	1223
Женщины	от 35 до 49 лет	2857
Мужчины	старше 50 лет	2858
Женщины	старше 50 лет	2864
Всего		21051

Все образцы волос собирались и подвергались пробоподготовке согласно требованиям МАГАТЭ и методических рекомендаций МЗ СССР и ФЦГСЭН РФ (Любченко и др., 1988; Подунова и др., 2003).

Аналитические исследования выполнены лабораторией АНО «Центр Биотической Медицины», методом атомной эмиссионной спектроскопии с индукционно связанной аргоновой плазмой (АЭС-ИСП) (Скальный и др., 2001) на приборе ICP-AE-9000 (Thermo Jarrel Ash).

Статистическая обработка полученных данных проводилась при помощи программ Microsoft Excel XP и Statistica 5.5

### Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований были установлены границы стандартных центильных интервалов, принятых при массовых обследованиях населения: 3, 5, 10, 25, 50, 75, 90, 95 и 97 центили (см. табл. 2–14).

На основании сопоставления показателей элементного состава волос с показателями физического развития, клиническими симптомами, анамнестическими, клинико-лабораторными данными функциональной диагностики, позволяющими оценить связь между элементным статусом человека и состоянием его здоровья, выявить ранние специфические проявления дефицитов или избытков химических элементов в организме, в качестве нормы нами рассматривался интервал от 25 до 75 центиля, как соответствующий средним значениям концентрации данного химического элемента в популяции. Значения, лежащие в интервале от 10 до 25 и от 75 до 90 центиля, мы предлагаем рассматривать как отклонен-

Таблица 2. Центильные шкалы для оценки содержания химических элементов в волосах детей возрасте до 1 года (мкг/г).

Центили	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu
3	167	7	87	8,79	24	4,36
5	196	8	99	9,98	30	5,01
10	230	11	107	12,4	44	5,56
25	299	18	126	16,78	75	6,89
50	445	27	144	22	125	8,61
75	696	41	168	30,71	202	11,85
90	1103	88	200	52,92	409	16,03
95	1558	131	286	66,88	520	21,27
97	1930	182	399	84,3	600	25,56

Таблица 3. Центильные шкалы для оценки содержания химических элементов в волосах детей возрасте от 1 года до 3 лет (мкг/г).

Центили	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu
3	139	5	95	8,33	18	5,33
5	167	6	101	9,32	22	5,81
10	211	9	111	11,24	30	6,51
25	267	14	127	14,47	51	7,8
50	347	21	142	19,35	94	9,26
75	461	31	161	26,96	143	11,4
90	629	50	188	37,32	203	14,11
95	954	96	221	46,85	265	17,08
97	1648	176	249	54,75	322	21,09

Таблица 4. Центильные шкалы для оценки содержания химических элементов в волосах детей возрасте от 4 до 6 лет (мкг/г).

Центили	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu
3	125	4	97	7,68	24	4,96
5	149	6	105	8,69	32	5,56
10	185	9	115	10,9	44	6,42
25	249	15	127	14,13	71	7,68
50	341	22	143	19,39	109	9,28
75	461	32	162	26,5	153	11,3
90	698	67	188	37,79	196	14,18
95	1095	173	221	52,31	228	17,09
97	1442	228	250	67,7	257	22,63

ние, соответствующие состоянию «предболезни». Показатели концентрации химических элементов в волосах в интервале от 0 до 10 и от 90 до 100 центилей, соответственно нашим клиническим наблюдениям, максимально отражают состояние болезни, то есть ассоциируются с четкой клинической

Таблица 5. Центильные шкалы для оценки содержания химических элементов в организме мальчиков в возрасте от 7 до 11 лет (мкг/г).

Центили	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu
3	140	5	103	7,54	50	5,15
5	172	7	109	8,63	64	5,57
10	211	10	120	10,5	78	6,4
<b>25</b>	<b>266</b>	<b>16</b>	<b>135</b>	<b>14,11</b>	<b>115</b>	<b>7,6</b>
50	359	23	151	19,33	149	9,18
<b>75</b>	<b>503</b>	<b>36</b>	<b>173</b>	<b>27,88</b>	<b>179</b>	<b>11,38</b>
90	844	81	204	41,1	217	15,73
95	1361	201	250	57,41	252	21,73
97	2171	259	287	73,02	277	27,32

Таблица 6. Центильные шкалы для оценки содержания химических элементов в волосах девочек в возрасте от 7 до 11 лет (мкг/г).

Центили	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu
3	189	7	105	6,42	62	5,27
5	216	10	109	7,21	78	5,82
10	257	15	118	8,6	99	6,61
<b>25</b>	<b>341</b>	<b>22</b>	<b>132</b>	<b>11,38</b>	<b>134</b>	<b>7,78</b>
50	482	34	148	15,82	171	9,46
<b>75</b>	<b>702</b>	<b>54</b>	<b>168</b>	<b>23,08</b>	<b>204</b>	<b>12,06</b>
90	1048	112	198	34,8	241	16,13
95	1517	230	226	45,84	272	20,87
97	2114	311	265	53,58	300	28,21

Таблица 7. Центильные шкалы для оценки содержания химических элементов в волосах мальчиков в возрасте от 12 до 17 лет (мкг/г).

Центили	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu
3	215	9	104	6,11	91	5,3
5	243	13	113	7,27	103	6,03
10	286	16	126	8,84	123	6,67
<b>25</b>	<b>363</b>	<b>23</b>	<b>140</b>	<b>12,07</b>	<b>151</b>	<b>8,12</b>
50	479	33	160	17	180	9,9
<b>75</b>	<b>710</b>	<b>51</b>	<b>182</b>	<b>25,28</b>	<b>208</b>	<b>12,29</b>
90	1177	99	217	41,28	241	17,66
95	1519	165	281	56,11	271	24,26
97	2080	241	365	74,61	298	31,05

манифестацией специфических для микроэлементозов синдромов и симптомов. Таким образом, к “абсолютной норме” могут быть отнесены 50% значений концентраций (от 25 до 75 центиля), а к биологически допустимым границам — 80% (от 10 до 90 центиля).

Таблица 8. Центильные шкалы для оценки содержания химических элементов в волосах девочек в возрасте от 12 до 17 лет (мкг/г).

Центили	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu
3	314	18	107	5,11	115	5,59
5	344	20	112	6,14	126	6,18
10	397	26	122	7,54	144	7,01
<b>25</b>	<b>521</b>	<b>36</b>	<b>139</b>	<b>9,86</b>	<b>172</b>	<b>8,59</b>
50	746	53	157	13,93	198	10,77
<b>75</b>	<b>1173</b>	<b>88</b>	<b>174</b>	<b>20,79</b>	<b>226</b>	<b>13,95</b>
90	1998	159	203	30,46	264	19,8
95	2643	265	236	45,87	300	26,93
97	3289	336	272	58,9	335	34,51

Таблица 9. Центильные шкалы для оценки содержания химических элементов в волосах мужчин в возрасте от 18 до 34 лет (мкг/г).

Центили	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu
3	251	12	110	6,6	92	5,76
5	278	16	118	7,25	103	6,22
10	328	21	129	8,61	122	7,08
<b>25</b>	<b>425</b>	<b>29</b>	<b>145</b>	<b>12,09</b>	<b>151</b>	<b>8,43</b>
50	574	41	163	17,63	181	10,5
<b>75</b>	<b>850</b>	<b>65</b>	<b>187</b>	<b>25,33</b>	<b>208</b>	<b>13,39</b>
90	1363	118	218	40,52	241	19,41
95	1843	171	265	57,51	269	27,57
97	2449	240	316	77,2	296	34,26

Таблица 10. Центильные шкалы для оценки содержания химических элементов в волосах женщин в возрасте от 18 до 34 лет (мкг/г).

Центили	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu
3	289	15	108	6,48	117	5,6
5	326	18	116	7,11	130	6,05
10	388	23	126	8,58	146	6,8
<b>25</b>	<b>526</b>	<b>35</b>	<b>142</b>	<b>11,15</b>	<b>172</b>	<b>8,26</b>
50	804	56	161	14,8	196	10,39
<b>75</b>	<b>1425</b>	<b>107</b>	<b>186</b>	<b>21,32</b>	<b>226</b>	<b>13,51</b>
90	2522	218	228	31,48	264	18,65
95	3303	327	272	43,11	300	23,55
97	3853	406	304	59	330	30,12

Для удобства использования результатов анализа волос в скрининг-диагностических исследованиях нам кажется целесообразным ввести 4-балльную шкалу, соответствующую тяжести отклонения содержания в волосах того или иного химического элемента от предложенных границ нормального со-

Таблица 11. Центильные шкалы для оценки содержания химических элементов в волосах мужчин в возрасте от 35 до 49 лет (мкг/г).

Центили	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu
3	249	10	109	6,96	72	5,83
5	282	14	118	7,95	83	6,33
10	332	18	128	9,35	103	7,23
<b>25</b>	<b>422</b>	<b>26</b>	<b>143</b>	<b>12,51</b>	<b>137</b>	<b>8,74</b>
50	569	39	161	17,64	172	10,64
<b>75</b>	<b>834</b>	<b>63</b>	<b>182</b>	<b>26,55</b>	<b>201</b>	<b>13,27</b>
90	1279	104	216	41,36	233	17,86
95	1623	159	256	58,98	266	22,72
97	1913	230	293	81,1	304	29,51

Таблица 12. Центильные шкалы для оценки содержания химических элементов в волосах женщин в возрасте от 35 до 49 лет (мкг/г).

Центили	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu
3	283	15	111	5,99	97	5,74
5	314	19	118	7,14	109	6,24
10	385	24	127	8,51	129	7
<b>25</b>	<b>538</b>	<b>36</b>	<b>142</b>	<b>11,3</b>	<b>160</b>	<b>8,4</b>
50	904	63	162	15,38	187	10,51
<b>75</b>	<b>1694</b>	<b>130</b>	<b>189</b>	<b>21,87</b>	<b>217</b>	<b>13,45</b>
90	2878	266	229	32,32	253	18,69
95	3592	357	280	41,8	289	24,03
97	4226	413	322	55,43	321	29,03

держания. За отклонение 1-й степени предлагается принять значения ниже 25 и выше 75 центилей, 2-й степени — ниже 10 и выше 90, 3-й степени — ниже 5 и выше 95 и 4-я степень — ниже 3 и выше 97 центиля.

В целом, отклонение 1-й степени можно сравнить с понятием “предболезни” (группы здоровья I и II у детей), а отклонения 2-й, 3-й и 4-й степеней — с понятием “болезни” (группы здоровья III и IV).

Использование нами в течение 2000–2002 гг. в амбулаторно-поликлинических условиях данного подхода к оценке степени выраженности отклонений в элементном составе волос и его связи с общепринятыми показателями состояния здоровья — антропометрическими, клиническими, лабораторными, анамнестическими данными — позволило выявить существенную корреляционную зависимость между этими показателями.

Таким образом, многоэлементный анализ волос на содержание химических элементов можно рассматривать как метод, позволяющий дать интегральную оценку состояния здоровья пригодный для широкого использования как в целях гигиенической

Таблица 13. Центильные шкалы для оценки содержания химических элементов в волосах мужчин в возрасте старше 50 лет (мкг/г).

Центили	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu
3	232	9	107	7,61	70	5,92
5	258	12	113	8,64	81	6,44
10	297	17	122	10,28	101	7,13
<b>25</b>	<b>387</b>	<b>24</b>	<b>137</b>	<b>13,99</b>	<b>131</b>	<b>8,47</b>
50	512	35	153	20	167	9,98
<b>75</b>	<b>712</b>	<b>52</b>	<b>173</b>	<b>30,3</b>	<b>193</b>	<b>12,11</b>
90	1134	87	199	44,86	220	15,65
95	1501	125	229	59,92	242	19,14
97	1774	183	273	73,11	257	23,52

Таблица 14. Центильные шкалы для оценки содержания химических элементов в волосах женщин в возрасте старше 50 лет (мкг/г).

Центили	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu
3	248	14	104	5,38	78	5,7
5	280	16	110	6,51	93	6,19
10	342	22	121	8,11	111	7,06
<b>25</b>	<b>468</b>	<b>33</b>	<b>136</b>	<b>10,94</b>	<b>142</b>	<b>8,35</b>
50	755	56	155	15,6	173	10,1
<b>75</b>	<b>1501</b>	<b>118</b>	<b>179</b>	<b>23,6</b>	<b>201</b>	<b>12,51</b>
90	2530	216	219	36,68	232	16,8
95	3296	314	263	49,67	261	21,31
97	3944	398	313	63,59	294	25,49

донозологической диагностики и первичной профилактики заболеваний на индивидуальном и популяционном уровнях, так и для решения ряда клинических задач (например, установление связи клинических проявлений заболеваний с состоянием обмена макро- и микроэлементов, воздействием факторов окружающей среды, в комплексном изучении лиц с заболеваниями неясной этиологии, в разработке терапевтических и реабилитационных мероприятий с использованием препаратов макро- и микроэлементов и др.).

Анализ центильных интервалов концентрации химических элементов в волосах детей и его сопоставление с рутинными показателями состояния здоровья детей позволило определить границы физиологического (нормального) содержания 6 химических элементов (Ca, Mg, P, Fe, Zn и Cu) и предложить новый подход к формированию групп риска по развитию заболеваний, связанных с их дефицитом или избытком.

Как видно из представленных данных, элементы могут быть разделены на две группы. Для элементов 1-й группы (Ca, Mg, Zn и Fe) характерна выраженная

Таблица 15. Границы нормального (физиологического) содержания химических элементов 1-й группы в волосах жителей Москвы различного возраста, установленные при помощи анализа центильных интервалов (мкг/г).

Граница	Дети			Мал	Дев	Мал	Дев	Муж	Жен	Муж	Жен	Муж	Жен	
	до 1 года	от 1 года до 3 лет	от 4 до 6 лет	от 7 до 11 лет		от 12 до 17 лет		от 18 до 34 лет		от 35 до 49 лет		старше 50 лет		
Ca	H*	300	250	250	250	350	350	500	400	500	400	550	400	500
	B**	700	500	500	500	700	700	1200	850	1400	800	1700	700	1500
Mg	H	20	15	15	15	20	20	35	30	35	25	35	25	30
	B	40	30	30	40	55	50	90	65	110	65	130	50	120
Zn	H	75	50	70	115	130	150	170	150	170	140	160	130	140
	B	200	150	150	180	200	200	230	210	230	200	220	190	200
Fe	H	15	15	15	15	10	10	10	10	10	10	10	15	10
	B	30	30	30	30	25	25	20	25	20	25	20	30	25

Сокращения: Дев — девочки, Жен — женщины, Мал — мальчики, Муж — мужчины.

Примечание: \* — нижняя граница: на основе 25 центиля; \*\* — верхняя граница: на основе 75 центиля.

возрастная динамика, а также существенные отличия в содержании этих элементов в волосах у разных полов. Концентрация в волосах элементов второй группы (Cu и P) с возрастом не претерпевает значительных изменений, различия между полами также слабо выражены.

На основании вышеизложенного, нам представляется возможным установить границы норм для элементов, отнесенных ко 2-й группе, едиными, независимо от пола и возраста. Для элементов 1-й группы целесообразно использовать нормативные значения, связанные как с возрастом, так и с половой принадлежностью (табл. 15, 16).

Таблица 16. Границы нормального (физиологического) содержания химических элементов 2-й группы в волосах жителей г. Москвы, установленные при помощи анализа центильных интервалов (мкг/г).

Элемент	Нижняя граница	Верхняя граница
P	130	190
Cu	8	15

## Литература

Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. 1991. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М.: Медицина. 496 с.

Агаджанян Н.А., Скальный А.В. 2001. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека. М.: КМК. 83 с.

Бабенко Г.А. 2001. Микроэлементозы человека: патогенез, профилактика, лечение. // Микроэлементы в медицине. Т.2. Вып.1. С.2–5.

Велданова М.В. 2002. Эколого-физиологическое обоснование системной профилактики коррекции микроэле-

ментозной зубной эндемии у детей в различных регионах России. Автореф. дисс. ... д. мед. н. М. 35 с.

Любченко П.Н., Ревич Б.А., Левченко И.И. 1988. Скрининговые методы для выявления групп повышенного риска среди рабочих, контактирующих с токсичными химическими элементами. / Метод. реком. Утв. МЗ СССР 28.11.1988 г. М. 24 с.

Маймулов В.Г., Нагорный С.В., Шабров А.В. 2000. Основы системного анализа в эколого-гигиенических исследованиях. СПб.: СПб ГМА им. И.И. Мечникова. 342 с.

Матвеева Н.А. 2000. Экологически обусловленные изменения в здоровье населения. Н. Новгород: изд-во НГМА. 116 с.

Подунова Л.Г., Скачков В.Б., Скальный А.В., Демидов В.А., Скальная М.Г., Серебрянский Е.П., Грабеклис А.Р., Кузнецов В.В., Маймулов В.Г., Лимин Б.В. 2003. Методика определения микроэлементов в диагностирующих биосубстратах атомной спектрометрией с индуктивно связанной аргонной плазмой. Методические рекомендации, утверждены ФЦГСЭН 29.01.2003. М.: ФЦГСЭН МЗ РФ. 17 с.

Ревич Б.А. 1992. Научные основы гигиенических исследований окружающей среды городов с использованием геохимических методов. Автореф. дисс. ... д. мед. н. М. 48 с.

Решетник Л.А. 2000. Клинико-гигиеническая оценка микроэлементных дисбалансов у детей Прибайкалья. Автореф. дисс. ... д. мед. н. Иркутск. 43 с.

Скальный А.В. 2000а. Эколого-физиологическое обоснование эффективности использования макро- и микроэлементов при нарушениях гомеостаза у обследуемых из различных климатогеографических регионов. Дисс. ... д. мед. н. М. 352 с.

Скальный А.В. 2000б. Диагностика и профилактика микроэлементозов с учетом результатов медико-экологической экспертизы // В.Г. Маймулов, С.В. Нагорный, А.В. Шабров. Основы системного анализа в эколого-гигиенических исследованиях. СПб.: СПб ГМА им.

- 
- И.И. Мечникова. С.175–200.
- Скальный А.В., Быков А.Т., Скальная М.Г., Шарыгин Р.Х., Алексеев Е.Э., Велданова М.В. 2000. Выявление и коррекция нарушений обмена макро- и микроэлементов. Методические рекомендации № 41, утверждены КЗ г.Москвы 12.09.2000. М. 32 с.
- Скальный А.В., Демидов В.А., Скальная М.Г. 2001. Оценка элементного статуса популяции в гигиенической донозологической диагностике. // Вестник СПб ГМА им. И.И.Мечникова. №2-3(2). С.64–67
- Черняева Т.К. 1995. Гигиеническая оценка накопления тяжелых металлов в организме детей 7–10 лет крупного промышленного города. // Автореф. дисс. ... канд. мед. н. Н. Новгород. 25 с.
-