

УДК 613.27-053.2

**Я.А. Лещенко, А.В. Боева, Л.Г. Лисецкая, О.Я. Лещенко, В.Ю. Голубев, М.В. Сафонова**

**СОДЕРЖАНИЕ ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ-НУТРИЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ,  
СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ И УРОВЕНЬ РАЗВИТИЯ ПОДРОСТКОВ\***

*АФ – НИИ медицины труда и экологии человека ГУ НЦ МЭ ВСНЦ СО РАМН (Ангарск)  
НИИ педиатрии и репродукции человека ГУ НЦ МЭ ВСНЦ СО РАМН (Иркутск)*

---

*В работе показано, что у значительного числа подростков старшего школьного возраста наблюдается дисбаланс эссенциальных металлов. Установлена связь дефицита важнейших элементов с худшими показателями состояния здоровья, а также с социальным неблагополучием.*

*Ключевые слова:* подростки, макро- и микроэлементы

## ORGANISM ESSENTIAL METALS'-NUTRIENTS' CONTENT, HEALTH STATE AND TEENAGER DEVELOPMENT LEVEL

Ya.A. Leshchenko, A.V. Boyeva, L.G. Lisetskaya, O.Ya. Leshchenko, V.Yu. Golubev, M.V. Safonova

*Research Institute of Industrial Medicine and Human Ecology, Branch of Scientific Centre of Medical Ecology ESSC SB RAMS, Angarsk  
Research Institute of Pediatrics and Human Reproduction of Scientific Centre of Medical Ecology, ESSC SB RAMS, Irkutsk*

*The disbalance of essential metals has been revealed in many teenagers studied. The correlation between the deficiency of the most important elements and the poorest indices of health as well as the levels of social non-well-being has been revealed.*

**Key words:** teenagers, macro- and microelements

В настоящее время хорошо известно, что для поддержания жизни и сохранения здоровья организм человека нуждается в определенных количествах эссенциальных микро- и макроэлементов, участвующих в регуляции всех процессов жизнедеятельности, роста и развития. Неадекватное поступление элементов в организм человека или их выведение может привести к значительным нарушениям метаболизма, к возникновению или усугублению различных заболеваний, одним из характерных следствий чего является дисбаланс нутриентов (микроэлементозы). Развитию микроэлементозов способствует природный дисбаланс ряда биометаллов на фоне антропогенного загрязнения окружающей среды, кроме того дефицит микро- и макроэлементов (МЭ) является безусловным спутником социально-экономического неблагополучия и, прежде всего, несбалансированного и неполноценного питания населения [7, 10, 11].

Непосредственное участие многих элементов в большинстве биохимических процессов, связанных с развитием и ростом, делает проблему их изучения чрезвычайно актуальной для педиатрии [1]. Дисбаланс биометаллов в организме детей влечет за собой задержку умственного, физического и полового развития, снижение иммунитета, развитие хронических заболеваний [5, 2, 11, 13, 15].

### ЦЕЛЬ НАСТОЯЩЕЙ РАБОТЫ

Изучение содержания и баланса важнейших микро- и макроэлементов в организме подростков старшего школьного возраста, оценка взаимосвязи между этим фактором и состоянием здоровья, физическим и половым развитием, уровнем социального благополучия.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение обеспеченности организма важнейшими биометаллами (Mn, Zn, Cu, Fe, Mg Ca) проводили у 76 подростков 13–16 лет г. Ангарска (40 юношей и 36 девушек). В качестве биосубстратов использовали волосы, учитывая, что концентрации

химических элементов в волосах наиболее полно отражают их тканевое содержание и хорошо коррелируют с элементным профилем внутренней среды организма [1, 9]. Отбор проб проводили по общепринятой методике. Волосы длиной до 5 см срезали ножницами с затылочной области у поверхности головы. Уровень содержания микро- и макроэлементов определяли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Распределение подростков в зависимости от уровней содержания биометаллов в организме осуществляли по центильным шкалам, полученным при исследовании волос детей Прибайкалья [11].

Оценку состояния здоровья подростков проводили по следующим характеристикам:

- оценка гармоничности физического развития с применением схемы, предложенной А.А. Барановым с соавторами (1999);
- оценка полового развития по общепринятым критериям Таннера [3];
- комплексная оценка состояния здоровья по данным медицинского осмотра: отнесение к одной из групп здоровья в соответствии с критериями Минздрава РФ (приказ № 60 от 14.03.95).

Социально-экономический статус семьи изучали по данным социологического исследования и оценивали по следующим факторам: доход семьи, тип семьи, состояние питания в семье, характер взаимоотношений в семье, психоэмоциональное состояние подростка. Группы формировали в зависимости от степени отягощенности социального анамнеза [14]. При наличии трех и более факторов социального риска подростка относили к группе социального риска (основная группа), двух факторов и менее — к группе с благоприятным социальным статусом (контрольная группа).

Статистическую обработку полученных данных выполняли на персональном компьютере Pentium-2-468 с помощью пакета прикладных программ «Excel 2000» и «Biostat 1998». Использовали методы вариационной статистики: расчет средних величин, среднеквадратических отклонений, зна-

\* Материал подготовлен в рамках проекта № 05-06-97202, осуществляемого при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований.

чимость различий определяли по критерию Стьюдента.

**РЕЗУЛЬТАТЫ**

В результате проведенного исследования у значительной части обследованных подростков выявлены отклонения от биологически допустимого уровня (БДУ) содержание биометаллов в волосах, т.е. такие концентрации МЭ, которые выходят за пределы 3 – 5 центильных зон. При этом содержание МЭ в организме ниже биологически допустимого уровня (значения в зоне низких и очень низких величин) отмечалось у 26,3 % подростков, из них у 50 % определен дефицит одного, у 35 % – двух, у 10 % – трех, у 5 % – четырех элементов. Содержание биометаллов выше БДУ (значения в зоне высоких и очень высоких величин) выявлено у 23,7 % обследованных: из них у 55,5 % отмечался избыток одного, у 27,8 % – двух, избыток трех, четырех, или пяти элементов имели по 5,6 % подростков. Разнонаправленный дисбаланс МЭ (дефицит одних, избыток других) отмечался у 43,4 % учащихся.

Среднее или условно нормальное содержание металлов (значения, входящие в 4 центильную зону) отмечалось менее чем у половины подростков: Mn – у 45,5 %, Zn – у 34,2 %, Cu – у 28,9 %, Fe – у 32 %, Mg – у 34,2 %, Ca – у 27,6 % обследованных (табл. 1). Содержание Mn ниже БДУ (1 – 2 каналы) отмечалось у 7,6 % подростков, выше БДУ – у 15,1 % подростков (6 – 7 каналы). Причем, при избытке Mn у 70 % подростков отмечался дефицит Mg, у 40 % – Cu. Закономерность, проявляющаяся в том, что избыток Mn способствует возникновению дефицита Mg и Cu, отмечал А.В. Кудрин [5]. Цинкдефицитные состояния зарегистрированы у 14,4 % подростков, избыток Zn – у 23,7 %. Дефицит Cu выявлен у 28,9 %, избыток – у 3,9 % учащихся. Железодифицитные состояния отмечались у 8 % обследованных, избыток Fe – у 40 %.

Магнийдефицитные состояния зарегистрированы у 18,4 % подростков, в т.ч. у 20 % юношей и у 16,7 % девушек. Известно, что дефицит данного элемента у мужчин сопровождается ультраструктурными изменениями сперматогенного эпителия [16]. Кроме того, магнийдефицитные состояния

**Таблица 1**  
**Распределение значений содержания химических элементов в волосах подростков по центильным каналам (%)**

Хим. элемент	Зоны величин						
	1	2	3	4	5	6	7
	очень низких величин (до 5 центиля)	низких величин (от 5 до 10 центиля)	ниже средних (от 10 до 25 центиля)	средних величин (от 25 до 75 центиля)	выше средних (от 75 до 90 центиля)	высоких величин (от 90 до 95 центиля)	очень высоких величин (от 95 центиля)
<b>Оба пола</b>							
Mn	6,1	1,5	19,7	45,5	12,1	1,5	13,6
Zn	1,3	13,2	21,1	34,2	6,6	5,3	18,4
Cu	17,1	11,8	34,2	28,9	3,9	0,0	3,9
Fe	4,0	4,0	10,7	32,0	9,3	5,3	34,7
Mg	6,6	11,8	22,4	34,2	10,5	9,2	5,3
Ca	22,4	19,7	11,8	27,6	10,5	2,6	5,3
<b>Юноши</b>							
Mn	9,7	3,2	25,8	41,9	3,2	0,0	16,1
Zn	0,0	12,5	20,0	40,0	5,0	2,5	20,0
Cu	20,0	15,0	37,5	22,5	5,0	0,0	0,0
Fe	2,5	5,0	7,5	32,5	10,0	2,5	40,0
Mg	12,5	7,5	30,0	47,5	2,5	0,0	0,0
Ca	40,0	35,0	15,0	5,0	2,5	0,0	2,5
<b>Девушки</b>							
Mn	2,9	0,0	14,3	48,6	20,0	2,9	11,4
Zn	2,8	13,9	22,2	27,8	8,3	8,3	16,7
Cu	13,9	8,3	30,6	36,1	2,8	0,0	8,3
Fe	5,7	2,8	14,2	31,4	8,6	8,6	28,6
Mg	0,0	16,7	13,9	19,4	19,4	19,4	11,1
Ca	2,8	2,8	8,3	52,8	19,4	5,6	8,3

характерны для людей, находящихся в состоянии хронического стресса, и могут явиться одной из причин развития синдрома хронической усталости [4, 12]. Поскольку лицей относится к учреждениям инновационного типа, можно предположить, что повышенная учебная нагрузка на учащихся является одной из причин развития магнийдефицитных состояний. Содержание Mg, превышающее БДУ, выявлено у 14,8 % подростков. Обращает на себя внимание значительное число подростков (42,1 %) с содержанием в организме Ca ниже БДУ, причем подавляющее большинство из них (93,6 %) составляют юноши. Содержание в организме Ca, превышающее БДУ, зарегистрировано у 7,9 % подростков.

Исследованы особенности содержания биометаллов в организме подростков с задержкой полового развития (ЗПР) и с нормальным половым раз-

витием. Установлено, что в группе юношей с ЗПР среднее содержание в волосах Ca по сравнению с контрольной группой достоверно выше ( $p < 0,05$ ).

При исследовании взаимосвязи микро- и макроэлементного статуса организма подростков с показателями гармоничности физического развития выявлено более низкое среднее содержание Mn в биосубстратах у юношей с дисгармоничным физическим развитием ( $p < 0,05$ ). Этот факт согласуется с имеющимися в литературе указаниями на то, что марганецдефицитные состояния сопровождаются дисгармоничностью развития (задержка роста, дефицит массы тела) [5]. По содержанию других элементов статистически значимых различий между группами с разными характеристиками физического развития не выявлено (табл. 2, 3).

При сравнительном анализе содержания МЭ у подростков с отягощенным социальным анамне-

Таблица 2

Микро- и макроэлементный статус организма в группах юношей с разными показателями состояния здоровья, развития и социального благополучия

Микро- / макроэлемент	Содержание микро (макро) элемента в волосах, мкг / г (M ± m)		Значимость различий (P)
	Гармоничное физическое развитие	Дисгармоничное	
Mn	1,6 ± 0,4	0,7 ± 0,1	<b>P &lt; 0,05</b>
Zn	171,6 ± 11,6	208,3 ± 44,3	P > 0,05
Cu	6,1 ± 0,3	5,7 ± 0,4	P > 0,05
Fe	61,3 ± 15,1	53,8 ± 12,9	P > 0,05
Mg	19,6 ± 2,3	25,8 ± 3,9	P > 0,05
Ca	255,0 ± 77,5	164,0 ± 14,7	P > 0,05
	II группа здоровья	III группа здоровья	
Mn	0,6 ± 0,1	1,6 ± 0,3	<b>P &lt; 0,001</b>
Zn	250,1 ± 48,7	150,5 ± 9,0	<b>P &lt; 0,05</b>
Cu	6,7 ± 0,4	5,5 ± 0,3	<b>P &lt; 0,05</b>
Fe	42,9 ± 10,3	72,3 ± 17,8	P > 0,05
Mg	30,3 ± 3,9	16,2 ± 2,0	<b>P &lt; 0,001</b>
Ca	171,4 ± 20,1	223,3 ± 73,5	P > 0,05
	Нормальное половое развитие	Задержка полового развития	
Mn	1,2 ± 0,4	0,6 ± 0,1	P > 0,05
Zn	169,7 ± 17,5	152,8 ± 8,5	P > 0,05
Cu	6,4 ± 0,4	6,2 ± 0,2	P > 0,05
Fe	57,7 ± 11,3	45,2 ± 10,3	P > 0,05
Mg	23,7 ± 2,4	23,2 ± 1,6	P > 0,05
Ca	154,9 ± 12,4	371,4 ± 104,9	<b>P &lt; 0,05</b>
	Благоприятный социальный статус	Группа социального риска	
Mn	1,4 ± 0,4	0,9 ± 0,3	P > 0,5
Zn	216,7 ± 28,9	143,6 ± 14,8	<b>P &lt; 0,05</b>
Cu	6,0 ± 0,3	5,9 ± 0,4	P > 0,05
Fe	53,0 ± 14,2	65,1 ± 14,2	P > 0,05
Mg	24,0 ± 3,2	19,8 ± 2,2	P > 0,05
Ca	256,1 ± 70,6	155,7 ± 14,7	P > 0,05

Микро- и макроэлементный статус организма в группах девушек с разными показателями состояния здоровья, развития и социального благополучия

Микро- / макроэлемент	Содержание микро (макро) элемента в волосах, мкг/ г ( $M \pm m$ )		Значимость различий (P)
	Гармоничное физическое развитие	Дисгармоничное физическое развитие	
Mn	1,1 ± 0,2	1,8 ± 0,6	P > 0,05
Zn	158,3 ± 12,7	204,4 ± 33,3	P > 0,05
Cu	7,2 ± 0,9	6,4 ± 3,6	P > 0,05
Fe	33,6 ± 3,6	36,0 ± 6,9	P > 0,05
Mg	64,8 ± 10,9	78,7 ± 17,7	P > 0,05
Ca	657,1 ± 90,4	631,1 ± 99,8	P > 0,05
	II группа здоровья	III группа здоровья	
Mn	1,1 ± 0,2	1,6 ± 0,3	P > 0,05
Zn	192,8 ± 20,0	146,5 ± 11,9	P < 0,05
Cu	8,6 ± 1,1	5,4 ± 0,4	P < 0,01
Fe	29,9 ± 4,0	39,5 ± 4,5	P > 0,05
Mg	102,3 ± 10,5	27,3 ± 6,7	P < 0,001
Ca	805,7 ± 114,1	485,7 ± 50,4	P < 0,01
	Нормальное половое развитие	Задержка полового развития	
Mn	1,3 ± 0,2	1,3 ± 0,3	P > 0,05
Zn	166,0 ± 15,7	193,5 ± 22,6	P > 0,05
Cu	7,3 ± 0,9	6,7 ± 0,5	P > 0,05
Fe	35,8 ± 3,9	26,0 ± 5,1	P > 0,05
Mg	75,5 ± 11,0	54,3 ± 12,7	P > 0,05
Ca	708,4 ± 92,7	541,4 ± 64,5	P > 0,05
	Удовлетворительный социальный статус	Группа социального риска	
Mn	1,1 ± 0,2	1,6 ± 0,3	P > 0,05
Zn	190,4 ± 20,3	154,1 ± 16,0	P > 0,05
Cu	8,6 ± 1,2	5,7 ± 0,4	P < 0,05
Fe	26,0 ± 3,1	42,1 ± 4,8	P < 0,01
Mg	98,4 ± 11,2	39,5 ± 10,8	P < 0,001
Ca	737,5 ± 114,4	589,5 ± 91,5	P > 0,05

зом и подростков с благоприятным социальным статусом (табл. 2, 3) установлено достоверно более низкое среднее содержание отдельных металлов в группе социального риска: у юношей – Zn ( $p < 0,05$ ), у девушек – Cu ( $p < 0,05$ ) и Mg ( $p < 0,001$ ).

В наибольшей степени прослеживается взаимосвязь между дисбалансом эссенциальных нутриентов и комплексными показателями состояния здоровья (группа здоровья). У юношей, имеющих хронические заболевания (III группа здоровья), по сравнению с лицами без хронической патологии (II группа здоровья), наблюдались достоверно более низкие уровни содержания в организме Zn ( $p < 0,05$ ), Cu ( $p < 0,05$ ) и особенно Mg ( $p < 0,001$ ) и одновременно – повышенный уровень Mn ( $p < 0,001$ ) (табл. 2). Соответственно, у девушек III группы здоровья выявлены значимо более низкие

уровни содержания в организме Zn ( $p < 0,05$ ), Cu ( $p < 0,05$ ), Mg ( $p < 0,001$ ), ( $p < 0,01$ ) (табл. 3).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования установлено, что у значительного числа подростков старшего школьного возраста имеет место дисбаланс в организме эссенциальных нутриентов-биометаллов, проявляющийся как в виде сниженного, так и в виде повышенного, по сравнению с биологически допустимым уровнем, содержания одного или нескольких элементов.

Особого внимания заслуживают признаки развития в организме дефицита ряда важнейших микро- и макроэлементов (Zn, Cu, Mg, Ca) у подростков с худшими показателями состояния здоровья (III группа здоровья), а также у лиц группы социального риска (социального неблагополучия).

Все это указывает на необходимость осуществления контроля за микро- и макроэлементным статусом организма в процессе осуществления мониторинга здоровья коллективов общеобразовательных учреждений и учета данной характеристики при организации медико-санитарного обеспечения учащих.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Актуальные проблемы педиатрической неврологии. Лечение препаратами металлов и комплексами заболеваний нервной системы у детей / Ю.Е. Вельтищев, И.А. Скворцов, Г.Е. Руденская и др. — М.: Союзмединформ, 1989. — 70 с.
2. Воляник М.Н. Антропогенное загрязнение окружающей среды сельских населенных пунктов и состояние здоровья детей / М.Н. Воляник, В.М. Боев // Педиатрия. — 1996. — № 4. — С. 107.
3. Жуковский М.А. Детская эндокринология / М.А. Жуковский. — М.: Медицина, 1995. — 391 с.
4. Златопольска Э. Патопфизиология обмена кальция, магния и фосфора / Э. Златопольска // Почка и гомеостаз. Под ред. С. Кларра (пер. с англ.). — М.: Медицина, 1987. — С. 217–278.
5. Кудрин А.В. Микроэлементозы человека / А.В. Кудрин // Международный медицинский журнал. — 1998. — № 11–12. — С. 1000–1006.
6. Методы исследования физического развития детей и подростков в популяционном мониторинге. Руководство для врачей / А.А. Баранов, В.Р. Кучма, Ю.А. Ямпольская и др. // Под ред. академика РАМН А.А. Баранова и профессора В.Р. Кучмы. — М.: Союз педиатров России, 1999. — 226 с.
7. Ноздрюхина Л.Р. Нарушение микроэлементного обмена и пути его коррекции / Л.Р. Ноздрюхина, Н.И. Гринкевич. — М.: Наука, 1980. — 280 с.
8. Об утверждении инструкции по проведению профилактических осмотров детей дошкольного и школьного возраста на основе медико-экономических нормативов. Приказ Минздрава России № 60 от 14.05.93. — М., 1995.
9. Ревич Б.А. Химические элементы в волосах человека как индикатор воздействия загрязнения производственной и окружающей среды / Б.А. Ревич // Гиг. и сан. — 1990. — № 3. — С. 55–59.
10. Решетник Л.А. Микроэлементозы детей Восточной Сибири и их пищевая коррекция / Л.А. Решетник, Г.А. Белоголова, О.В. Прокопьева // Север и дети: Сб. докладов. междунар. форума. — Братск, 1995. — С. 215–216.
11. Решетник Л.А. Клинико-гигиеническая оценка микроэлементных дисбалансов у детей Прибайкалья: Автореф. дис. ... докт. мед. наук: 14.00.07, 14.00.09 / Л.А. Решетник. — Иркутск: ИГМУ, 2000. — 43 с.
12. Скальный А.В. Микроэлементозы человека (диагностика и лечение): практическое руководство для врачей и студентов медицинских вузов. — М., 1997. — 71 с.
13. Содержание тяжелых металлов в волосах детей в промышленном городе / Т.К. Черняева, Н.А. Матвеева, Ю.Г. Кузьмичев и др. // Гиг. и сан. — 1997. — № 3. — С. 26–28.
14. Филиппов Е.С. Комплексная оценка состояния здоровья детей раннего возраста / Е.С. Филиппов // Здоровье детей Сибири. — 2000. — № 1. — С. 31–43.
15. Щеплягина Л.А. Соматические заболевания у детей из районов геохимических эндемий / Л.А. Щеплягина // Педиатрия. — 1995. — № 4. — С. 60–62.
16. Maxwell W. // Arch. Androl. — 1981. — Vol. 6. — P. 13–25.