

УДК 616.329–002–05–053.6

## ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ВОЛОС У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ С ОСЛОЖНЕННЫМ ТЕЧЕНИЕМ ГАСТРОЭЗОФАГЕАЛЬНОЙ РЕФЛЮКСНОЙ БОЛЕЗНИ

**Е.А. СИНЕВИЧ<sup>1</sup>, С.Э. ЗАГОРСКИЙ<sup>2</sup>, С.Б. МЕЛЬНОВ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова,  
г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Полесский государственный университет,  
г. Пинск, Республика Беларусь

**Введение.** Одной из важнейших составляющих здоровья человеческого организма является стабильность его химического состава. Многие химические элементы принимают непосредственное участие в сложной физиологической системе организма на всех этапах его развития. В процессе эволюции совершенствовались механизмы регуляции обмена химическими элементами между окружающей средой и человеком. В настоящее время участие различных химических элементов в возникновении и течении разнообразных патологических процессов неоспоримо признается в медицине [1–5].

В зависимости от количества содержащихся в организме человека химических элементов все они разделены на макро-, микро- и ультрамикроэлементы [5]. Содержание макроэлементов (O, C, H, N, Ca, P, K, Na, S, Cl, Mg) превышает 0,01% и составляет более 95% массы тела. В группу микроэлементов входят Fe, Zn, F, Sr, Mo, Cu, Br, Si, Cs, J, Mn, Al, Pb, Cd, B, Rb и их концентрация в организме составляет 0,00001–0,01%. В группу ультрамикроэлементов входят элементы, содержание которых в организме не превышает 0,00001% (Se, Cr, Hg, Bi, Ag, As и др.).

Исходя из физиологической роли химических элементов в организме, выделяют структурные, эссенциальные и токсичные элементы. Структурные элементы (O, S, N, Ca, Mg, P, Na, K) обеспечивают основную массу клеток и тканей. К эссенциальным, или жизненно-необходимым, относят макро- (Ca, Mg, P, Na, K) и микроэлементы (Fe, J, Cu, Zn, Co, Cr, Mo, Se, Mn). Химический элемент считается эссенциальным, если при его отсутствии или недостаточном поступлении в организм нарушается нормальная жизнедеятельность и прекращается развитие. К токсичным элементам отнесены Al, Cd, Pb, Hg, Be, Ba, Bi, Tl. Результатом воздействия этих элементов на организм является развитие интоксикационных синдромов. При определенных условиях «эссенциальные» элементы могут становиться «токсичными», и, наоборот, в низких концентрациях некоторые «токсичные» элементы чрезвычайно необходимы для организма.

Состояния дефицита, избытка или дисбаланса химических элементов, которые отражаются на здоровье человека, называют микроэлементозами [1].

Среди многочисленных причин дисбаланса элементов в организме можно выделить следующие: биогеохимические особенности региона проживания, антропогенное воздействие человека на окружающую среду, современную индустрию производства продуктов питания, психоэмоциональные стрессы, нерациональное использование медикаментов и др. [3].

В условиях нарастающего экологического неблагополучия в литературе появляется все больше сведений, демонстрирующих нарушение содержания различных химических элементов в детском организме [2–4,6–10].

Дисбаланс элементного состава человеческого организма ассоциируется со многими мультифакториальными заболеваниями, в т.ч. с хронической патологией пищеварительного тракта [2–4,6,8,10].

Эпидемиологические данные свидетельствуют о том, что в последние годы прогрессирует заболеваемость гастроэзофагеальной рефлюксной болезнью [11]. В основе этого заболевания лежит множество эндо- и экзогенных факторов, влияющих на его развитие [12].

Классическим клиническим проявлением гастроэзофагеальной рефлюксной болезни является рефлюкс-эзофагит (РЭ) [13].

Ряд исследователей указывают на возрастную динамику и половые различия в содержании некоторых элементов, дисбаланс которых может участвовать в формировании воспалительного процесса в пищеводе [3,14].

Цель настоящего исследования – установить гендерные и возрастные особенности элементного состава волос детей старшего возраста с РЭ.

**Методика и объекты исследования.** Для исследования методом сплошной случайной выборки было отобрано 112 детей и подростков в возрасте от 12 до 18 лет с РЭ. Диагноз эзофагита был верифицирован эндоскопически и морфологически при проведении эзофагогастродуоденоскопии в 2009–2010 гг. на базе 3–й и 4–й городских детских клинических больниц г. Минска. Средний возраст обследованных детей с РЭ составил: Ме (LQ/UQ) – 15,75 (14,75/16,5), девочек – 61 (54,5%), мальчиков – 51 (45,5%). Распределение обследованных детей и подростков по возрасту не соответствовало нормальному распределению (согласно критерию Шапиро–Уилка,  $W=0,96$ ,  $p=0,002$ ).

Волосы представляют собой биологический субстрат, отражающий в своем составе процессы депонирования, концентрирования и элиминации химических элементов в течение длительного времени, и, соответственно, характеризуют элементный статус организма [3,5,15]. Волосы состригались с 4–5 мест затылочной части головы в количестве не менее 0,2 г с последующей маркировкой проб и указанием антропометрических данных пациентов (рост, масса тела). Исследование элементного состава волос проводилось методом рентгено–флуоресцентной спектрометрии (аппарат ELVAX, НПП «Элватех», Киев) с определением эссенциальных (Ca, K, Zn, Fe, Cu, Se, Cr) и токсичных элементов (Pb, Cd, Hg, Bi). За нормальные показатели были приняты референтные значения, приведенные А.В. Скальным, И.А. Рудаковым [5].

Для дальнейшего анализа обследованные пациенты с РЭ были разделены на две возрастные группы: 12–14 лет ( $n=33$ ) и 15–18 лет ( $n=79$ ). Выбор данных возрастных диапазонов был обусловлен значительными изменениями нейроэндокринной регуляции, происходящими в организме ребенка в пубертатный период, который, как правило, заканчивается к началу подросткового возраста (15 годам).

Статистическая обработка материалов выполнена с использованием пакета программ Statistica 6.0. Для оценки нормальности распределения групп по возрасту и содержанию биоэлементов в волосах обследованных пациентов применяли критерий Шапиро–Уилка. В качестве показателей рассчитывали медиану (Ме), нижние и верхние квартили (LQ/UQ). При анализе данных использовали непараметрические методы с расчетом U–критерия Манна–Уитни. При сравнении относительных частот рассчитывали двухсторонний критерий статистической значимости  $p$ . За уровень статистической достоверности принимали  $p<0,05$ .

**Результаты и их обсуждение.** При исследовании элементного состава волос у обследованных детей с РЭ были получены следующие результаты (табл. 1). По данным исследования, содержание селена в исследуемой группе было ниже нормальных показателей (0,56 при норме 0,65–2,43 мкг/г), что соответствует приводимым в литературе сведениям для населения Республики Беларусь [3,9,15]. Имеются данные о высокой частоте недостаточного содержания селена у детей с хроническими заболеваниями желудка и 12–перстной кишки [3].

Таблица 1 – Содержание элементов в образцах волос детей и подростков с рефлюкс–эзофагитом

Элемент	Среднее содержание элемента, мкг/л, Ме (LQ/UQ)*	Частота снижения уровня элемента, %	Частота повышения уровня биоэлемента, %
Ca (n=112)	454,29 (244,24/936,79)	26,8%	37,5%
K (n=112)	80,54 (41,81/118,73)	29,5%	0,9%
Zn (n=112)	121,02 (98,97/140,52)	17,9%	4,5%
Fe (n=112)	14,66 (10,82/21,13)	36,6%	13,4%
Cu (n=112)	8,09 (6,07/11,03)	46,4%	19,6%
Se (n=112)	0,56 (0,35/0,8)	60,7%	3,6%
Cr (n=110)	1,18 (0,79/1,77)	10,0%	76,4%
Pb (n=109)	1,67 (0,94/3,10)	–	26,6%
Cd (n=87)	0,12 (0,07/0,14)	–	11,5%
Bi (n=112)	0,37 (0,18/0,59)	–	0,9%
Hg (n=112)	0,21 (0,18/0,38)	–	–

Примечание – \* – среднее содержание для всех элементов приведено в показателях медианы и квартилей, т.к. распределение их уровня не являлось нормальным (по критерию Шапиро–Уилка).

На нижних границах нормы находились у детей с РЭ уровни железа и меди в волосах (14,66 и 8,09 мкг/г соответственно). Участие обоих элементов в ферментативных системах, обеспечиваю-

щих регуляцию важнейших механизмов регуляции гомеостаза (включая окислительные процессы), предполагает значительную роль их дефицита во многих патологических реакциях, включая воспалительные изменения в слизистых оболочках. В исследованиях по изучению содержания этих элементов у детей с хронической гастродуоденальной патологией показана высокая частота дефицита железа [10] и меди [8,10], хотя данные в отношении содержания меди не столь однозначны [6].

В волосах пациентов с РЭ отмечалось повышенное содержание хрома (1,18 при нормальном уровне в волосах 0,26–0,7 мкг/г), что соответствует результатам исследований, проведенных при заболеваниях гастродуоденальной области [6,8]. Регулирующая роль хрома в процессах апоптоза также подразумевает его участие в развитии и течении воспалительных процессов.

Среднее содержание других определяемых эссенциальных элементов (кальция, калия, цинка) у детей с РЭ находилось в пределах нормальных значений. Следует отметить, что в литературе приводятся противоречивые данные по частоте изменений (чаще снижении) уровня цинка у пациентов с заболеваниями желудка и 12–перстной кишки [6,8,10].

По результатам исследования, среднее содержание токсичных элементов (свинца, кадмия, висмута и ртути) в волосах обследованных пациентов не превысило допустимых значений.

Однако, как видно из табл. 1, несмотря на нормальные показатели среднего содержания ряда элементов, обращает на себя внимание высокая частота дисбаланса их уровня в волосах у детей с РЭ. При дальнейшем анализе результатов исследования волос в зависимости от пола были выявлены статистически значимые различия по содержанию кальция, калия и меди (табл. 2 и 3).

Таблица 2 – Среднее содержание элементов в волосах детей и подростков с рефлюкс–эзофагитом в зависимости от пола (мкг/г)

Среднее содержание элемента*	Девочки (n=61), Me (LQ/UQ)*	Мальчики (n=51), Me (LQ/UQ)	Р**
Ca (n=112)	623,15 (403,67/1262,71)	260,00 (185,48/511,24)	<0,0001
K (n=112)	85,49 (54,95/145,86)	67,12 (29,90/105,88)	0,039
Zn (n=112)	123,58 (106,58/140,09)	118,13 (94,16/144,41)	>0,05
Fe (n=112)	15,95 (11,90/21,62)	14,60 (10,28/20,46)	>0,05
Cu (n=112)	8,84 (6,89/14,74)	6,76 (5,72/8,66)	0,0007
Se (n=112)	0,59 (0,33/0,80)	0,54 (0,36/0,81)	>0,05
Cr (n=110)	1,22 (0,95/1,77)	1,15 (0,60/1,75)	>0,05
Pb (n=109)	1,77 (1,15/3,25)	1,36 (0,83/3,10)	>0,05
Cd (n=87)	0,13 (0,08/0,15)	0,12 (0,07/0,14)	>0,05
Bi (n=112)	0,38 (0,19/0,56)	0,34 (0,17/0,67)	>0,05
Hg (n=112)	0,23 (0,18/0,38)	0,20 (0,18/0,37)	>0,05

Примечание – \* – среднее содержание для всех элементов приведено в показателях медианы и квартилей, т.к. распределение их уровня не являлось нормальным (по критерию Шапиро–Уилка);

\*\* – по U–критерию Манна–Уитни

Таблица 3 – Частота дисбаланса эссенциальных элементов у детей и подростков с рефлюкс–эзофагитом в зависимости от пола

Уровень биоэлемента	Девочки (n=61)			Мальчики (n=51)		
	снижен	повышен	изменен	снижен	повышен	изменен
Ca	8,2%	49,2%	57,4%	49,0%**	21,6%	70,6%
K	21,3%	1,6%	22,9%	39,2%***	0%	39,2%
Zn	13,1%	4,9%	18,0%	23,5%	3,9%	27,4%
Fe	32,8%	13,1%	45,9%	41,2%	13,7%	54,9%
Cu	36,1%	31,1%	67,2%	58,8%****	5,9%	64,7%
Se	60,7%	3,3%	64,0%	60,8%	3,9%	64,7%
Cr*	9,8%	78,7%	88,5%	10,2%	73,5%	83,7%

Примечание –\* – содержание хрома в волосах определялось у 61 девочки и 49 мальчиков;

\*\* – статистически значимые различия показателя в зависимости от пола (p<0,0001);

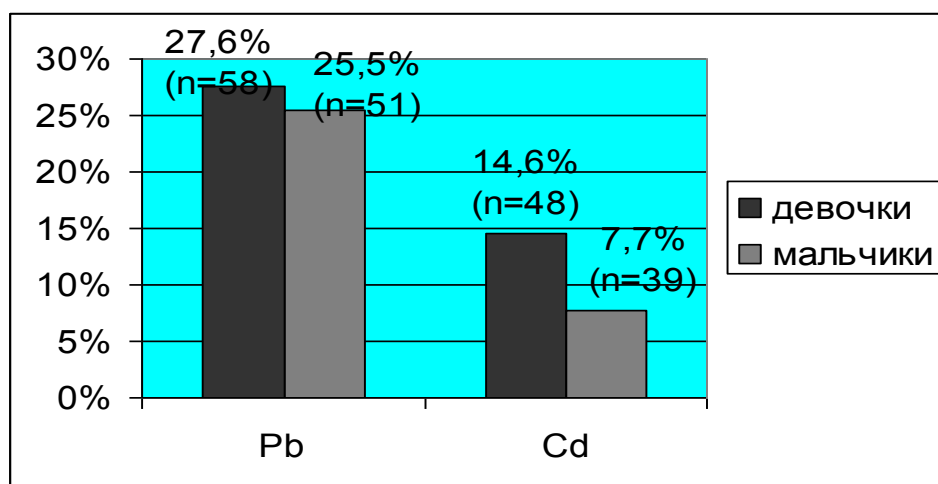
\*\*\* – p=0,039;\*\*\*\* – p=0,017.

Более низкое содержание этих элементов у мальчиков по сравнению с девочками отмечалось как по их среднему уровню в волосах, так и по относительной частоте снижения показателей. При этом наиболее выраженные различия были выявлены по содержанию кальция: среднее содержание в волосах девочек – 623,15 мкг/мг у девочек и 260,0 мкг/мг у мальчиков ( $p < 0,0001$ ) при частоте снижения его уровня в 8,2% и 49,0% случаев соответственно ( $p < 0,0001$ ).

Если результаты исследования в отношении кальция совпадают с приводимыми в литературе данными [3,14], то гендерные особенности по уровню калия значительно отличались от результатов единичных исследований, проведенных в педиатрической элементологии [14]. По нашим данным, низкий уровень калия в волосах чаще наблюдался у мальчиков с РЭ, чем у девочек (67,12 мкг/г и 85,49 мкг/г соответственно,  $p = 0,039$ ), в то время как в вышеуказанном исследовании отмечалась противоположная тенденция. На аналогичные нашим результатам гендерные различия в содержании меди указывает в своей работе А.Р. Грабеклис [14].

Содержание других исследуемых эссенциальных элементов (цинк, железо, селен, хром) не имело гендерных отличий у обследованных пациентов, хотя некоторые исследователи выявили половые особенности в отношении цинка и железа [3,14].

По результатам исследования, из токсичных элементов (свинец, кадмий, висмут, ртуть) повышенное содержание в волосах регистрировалось: по свинцу – у 29 (26,6%) пациентов с РЭ; по кадмию – у 10 (11,5%), по висмуту – у одной девочки (0,9%) и по ртути – ни у одного из обследованных детей. При этом половые различия по их содержанию практически отсутствовали (рис. 1).



**Рисунок 1 – Частота повышенного содержания свинца и кадмия у детей и подростков с рефлюкс–эзофагитом в зависимости от пола**

В некоторых исследованиях получены данные в пользу более высокого уровня тяжелых металлов (свинца, кадмия, ртути) у представителей мужского пола [14], однако имеются работы, где не выявлено половых различий в содержании токсичных элементов в волосах детей [15].

При сопоставлении результатов исследования волос у детей с РЭ в зависимости от возраста различия по содержанию элементов не достигали статистически значимых значений (табл. 4 и 5). В то же время в старшей возрастной группе по сравнению с младшими детьми с РЭ отмечалась тенденция к снижению уровня калия, цинка, железа и хрома при увеличении среднего содержания свинца в волосах обследованных пациентов. Кроме того, в старшем возрасте чаще встречался дефицит кальция и селена ( $p > 0,05$ ).

Вероятно, отсутствие значительных возрастных различий в элементном составе волос у обследованных детей может быть связано с однотипным характером нейроэндокринной регуляции в этом возрастном диапазоне.

По данным А.Р. Грабеклис, у детей 7–14 лет с возрастом увеличивается концентрация кальция, цинка, железа и магния в волосах при снижении содержания калия и натрия. Опубликованы результаты других исследований, демонстрирующие возрастную динамику уровня этих элементов в волосах детей [3].

Таблица 4 – Среднее содержание элементов в волосах детей и подростков с рефлюкс–эзофагитом в зависимости от возраста (мкг/г)

Среднее содержание элемента*	Дети 12–14 лет (n=33), Me (LQ/UQ)	Подростки 15–18 лет (n=79), Me (LQ/UQ)**
Ca (n=112)	452,79 (338,07/843,54)	454,9 (242,0/964,0)
K (n=112)	83,67 (31,36/117,15)	78,35 (49,32/120,31)
Zn (n=112)	123,80 (98,22/148,48)	119,16 (99,72/139,99)
Fe (n=112)	17,29 (11,95/26,27)	14,10 (10,28/20,33)
Cu (n=112)	8,06 (5,85/12,81)	8,25 (6,21/10,03)
Se (n=112)	0,62 (0,42/0,88)	0,56 (0,35/0,8)
Cr (n=110)	1,26 (0,79/1,85)	1,15 (0,94/1,75)
Pb (n=109)	1,46 (0,82/2,13)	1,77 (1,01/3,43)
Cd (n=87)	0,14 (0,09/0,16)	0,12 (0,07/0,14)
Bi (n=112)	0,38 (0,19/0,64)	0,36 (0,17/0,56)
Hg (n=112)	0,20 (0,18/0,29)	0,23 (0,18/0,39)

Примечание – \* – среднее содержание для всех элементов приведено в показателях медианы и квартилей, \*\* – при сравнении всех показателей в обеих группах  $p > 0,05$ .

Таблица 5 – Частота дисбаланса эссенциальных элементов у детей и подростков с рефлюкс–эзофагитом в зависимости от возраста

Уровень биоэлемента	Дети 12–14 лет (n=33)			Подростки 15–18 лет (n=79)		
	снижен	повышен	изменен	снижен	повышен	изменен
Ca	18,2%	33,3%	51,5%	30,4%	39,2%	69,6%
K	33,3%	3,0%	36,3%	27,8%	0%	27,8%
Zn	15,2%	6,1%	21,3%	19,0%	3,8%	22,8%
Fe	30,3%	24,2%	54,5%	39,2%	8,9%	48,1%
Cu	45,5%	27,3%	72,8%	46,8%	15,2%	62,0%
Se	57,6%	0%	57,6%	62,0%	5,1%	67,1%
Cr*	6,1%	78,8%	84,9%	11,7%	75,3%	87,0%

Примечание – \* – наличие хрома в волосах определялось у 33 детей 12–14 лет и у 77 подростков 15–18 лет

При оценке частоты избыточного содержания тяжелых металлов в волосах детей с РЭ (рис. 2), следует отметить статистически значимую разницу между двумя возрастными группами по концентрации свинца. У пациентов 15–18 лет повышение уровня свинца встречалось в 2,6 раза чаще, чем у детей 12–14 лет (в 32,5% и 12,5% соответственно,  $p=0,035$ ). Это совпадает с результатами других исследований [3,14]. Отмечалась тенденция к снижению с возрастом частоты повышенной концентрации кадмия ( $p=0,25$ ). Избыточное накопление висмута выявлено у одного пациента старшей возрастной группы.

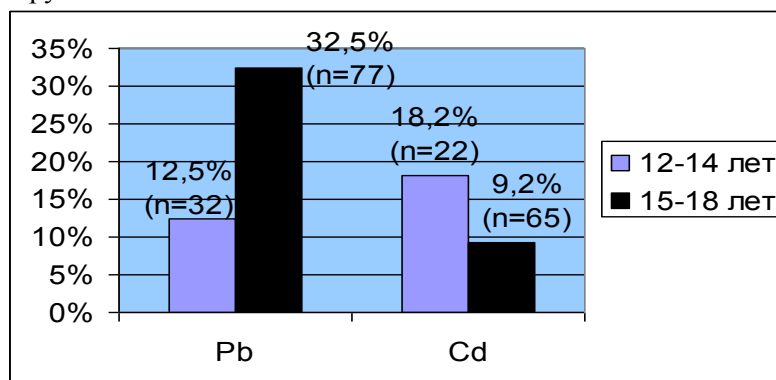


Рисунок 2 – Частота повышенного содержания свинца и кадмия у детей и подростков с рефлюкс–эзофагитом в зависимости от возраста

**Заключение.** Таким образом, у детей и подростков с РЭ отмечается определенный дисбаланс в содержании ряда эссенциальных и токсичных элементов в волосах, имеющий гендерные и возрастные особенности.

У детей и подростков с РЭ отмечались следующие изменения концентрации эссенциальных элементов в волосах: снижение селена (в 60,7% случаев), повышение хрома (76,4%), маргинализация уровня железа и меди. При сохранении допустимого уровня тяжелых металлов (свинец, кадмий, висмут, ртуть) имела место высокая частота избытка свинца (в 26,6% случаев) и кадмия (в 11,5%).

Половые различия у обследованных пациентов включали в себя более высокое содержание кальция, калия и меди у девочек по сравнению с мальчиками.

При анализе содержания эссенциальных и токсичных элементов в волосах детей и подростков с РЭ в зависимости от возраста превышение допустимого уровня свинца значительно чаще регистрировалось в 15–18 лет по сравнению с группой пациентов 12–14 лет (у 32,5% против 12,5%,  $p=0,035$ ).

Требуется дальнейшее изучение элементного состава при воспалительных поражениях пищевода для оценки участия различных элементов в развитии и течении этой патологии в детском возрасте.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Авцын, А.П. Микроэлементозы человека / А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, Л.С. Строчкова. – М.: Медицина, 1991. – 496 с.
2. Бельмер, С.В. Микроэлементы и микроэлементозы и их значение в детском возрасте / С.В. Бельмер, Т.В. Гасилина // Вопросы совр. педиатрии. – 2008. – № 6. – С. 91–96.
3. Биоэлементный статус населения Беларуси : экологические, физиологические и патологические аспекты; под ред. Н.А. Гресь, А.В. Скального. – Минск : Харвест, 2011. – 352 с.
4. Курец, Н.И. Роль дисбаланса химических элементов в формировании хронической патологии у детей / Н.И. Курец // Мед. новости. – 2006. – № 2. – С. 7–17.
5. Скальный, А.В. Биоэлементы в медицине / А.В. Скальный, И.А. Рудаков. – М.: Оникс XI век, 2004. – 271 с.
6. Аминова, А.И., Голованова Е.С. Содержание некоторых металлов в биосубстратах у детей с заболеваниями желудка и гепатобилиарной системы / А.И. Аминова, Е.С. Голованова // Рос. пед. журнал. – 2006. – № 2. – С. 29–33.
7. Вильмс, Е.А. Микроэлементозы у детского населения мегаполиса: эпидемиологическая характеристика и возможности профилактики / Е.А. Вильмс, Д.В. Турчанинов, М.С. Турчанинова // Педиатрия. – 2011. – Т. 90, № 1. – С. 96–101.
8. Войтова, Е.В. Характер микроэлементных нарушений у детей г.Минска, страдающих хроническими заболеваниями / Е.В. Войтова, С.М. Король // Мед. панорама. – 2006. – № 1. – С. 31–34.
9. Мохорт, Е.Г. Йодная и селеновая обеспеченность детей и подростков, проживающих в г. Минске / Е.Г. Мохорт // Мед. новости. – 2004. – № 7. – С. 86–89.
10. Файзуллина, Р.А. Клинико-патогенетическое значение нарушений обмена микроэлементов при хронической гастродуоденальной патологии у детей школьного возраста и разработка методов их коррекции : автореф. дис. ... докт. мед. наук: 14.00.09 / Р.А. Файзуллина ; Казан. гос. мед. акад.. – Н.Новгород, 2002. – 41 с.
11. Dent, J. Epidemiology of gastro-oesophageal reflux disease / J. Dent [et al.] // Gut. – 2005. – Vol. 54. – P. 710–717.
12. Белоусов, Ю.В. Гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь в детском возрасте / Ю.В. Белоусов // Эксперим. и клин. гастроэнтерология. – 2011. – № 1. – С. 64–71.
13. Vakil, N. Disease definition, clinical manifestations, epidemiology and natural history of GERD / N. Vakil // Best. Pract. Res. Clin. Gastroenterol. – 2010. – Vol. 24, № 6. – P. 759–764.
14. Грабеклис, А.Р. Возрастные и половые различия в элементном составе волос детей школьного возраста / А.Р. Грабеклис // Рос. пед. журнал. – 2004. – № 4. – С. 60–61.
15. Маленченко, А.Ф. Элементный состав волос жителей Беларуси / А.Ф. Маленченко [и др.] // Проблемы здоровья и экологии. – 2009. – № 1. – С. 126–130.

## THE PECULIARITIES OF ELEMENTAL HAIR STRUCTURE IN CHILDREN AND ADOLESCENTS WITH REFLUX–ESOPHAGITIS

*E.A. SINEVICH, S.E. ZAGORSKI, S.B. MELNOV*

### *Summary*

The article contains the results of investigation of elemental hair structure in 112 children 12–18 years old with reflux–esophagitis. From essential bioelements low level of Se and high level of Cr were determined in 60,7% and 76,4% cases respectively. High concentration of such toxic metals as Pb and Cd was registered in 26,6% and 11,5% patients respectively; level of Hg and Bi was normal. Girls had high level of Ca, K and Cu more often than boys. The frequency of abnormal high level of Pb increased with the age – from 12,5% in children 12–14 years to 32,5% in adolescents 15–18 years old ( $p=0,035$ ).

**Key words:** bioelements, children, reflux–esophagitis.

© Синеви́ч Е.А., Загорский С.Э., Мельнов С.Б.

*Поступила в редакцию 10 октября 2012г.*