

УДК 616.12-616.152+577.14.049]-053.2

Дубовая А.В.

## ЭССЕНЦИАЛЬНЫЕ И УСЛОВНО ЭССЕНЦИАЛЬНЫЕ БИОЭЛЕМЕНТЫ У ДЕТЕЙ С НАРУШЕНИЯМИ РИТМА СЕРДЦА

*Донецкий национальный медицинский университет имени М. Горького*

**Цель исследования:** определение уровня содержания эссенциальных и условно эссенциальных биоэлементов в организме детей с аритмиями, а также здоровых ровесников, проживающих в аналогичных экологических условиях.

**Материалы и методы.** Обследованы 198 детей (107 мальчиков и 91 девочка) в возрасте от 6 до 17 лет с различными НРС. Контрольную группу составили 57 здоровых ровесников (31 мальчик и 26 девочек). Проведен спектральный многоэлементный анализ волос с оценкой содержания в организме 18 биоэлементов: 15 эссенциальных (Ca, K, Mg, Na, P, S, Cr, Cu, Fe, I, Co, Mn, Mo, Se, Zn) и 3 условно эссенциальных (B, Si, V) методами атомно-эмиссионной спектрометрии в индуктивно-связанной плазме и атомно-абсорбционной спектрометрии с электротермической атомизацией на масс-спектрометре «ICPE-9000 Plasma Atomic Emission Spectrometry» («Shimadzu», Япония).

**Результаты.** У пациентов с аритмиями статистически значимо чаще выявлен дефицит эссенциальных (98,0%) и условно эссенциальных биоэлементов (87,4%) в сравнении со здоровыми детьми (78,9% и 70,2% соответственно). Установлена прямая сильная корреляционная зависимость между степенью превышения допустимого содержания в организме токсичных химических элементов и дефицитом эссенциальных биоэлементов ( $r = + 0,90$ ).

**Заключение.** Выявленные изменения могут вносить вклад в патогенез аритмического синдрома у детей.

**Ключевые слова:** дети, аритмия, макроэлементы, микроэлементы.

*Dubovaya A.V.*

## ESSENTIAL AND CONDITIONALLY ESSENTIAL BIOELEMENTS IN CHILDREN WITH HEART ARRHYTHMIAS

*M. Gorky Donetsk National Medical University*

### Summary.

**The aim of the research:** to determine the level of the content of essential and conditionally essential bioelements in children with arrhythmias, as well as healthy peers living in similar environmental conditions.

**Materials and methods.** The study included 198 children (107 boys and 91 girls) aged 6 to 17 years with various arrhythmias. The control group consisted of 57 healthy peers (31 boys and 26 girls). Spectral multivariate analysis of hair with the evaluation in the body 18 of bioelements 15 essential (Ca, K, Mg, Na, P, S, Cr, Cu, Fe, I, Co, Mn, Mo, Se, Zn) and 3 conditionally essential (B, Si, V) by atomic emission spectrometry in inductively coupled plasma and atomic absorption spectrometry with electrothermal atomization mass spectrometer «ICPE-9000 plasma atomic emission spectrometry» («Shimadzu», Japan) was conducted.

**Results.** In patients with heart arrhythmias significantly more often the deficit of essential (98,0%) and conditionally essential trace elements (87,4%) in comparison with healthy (78,9% u 70,2% accordingly) was identified. The strong correlation between the degree of exceeding the allowable content in the body of toxic trace elements and the deficit of essential trace elements ( $r = + 0,90$ ) are directed.

**Conclusion.** Identified changes may contribute to the pathogenesis of arrhythmias syndrome in children.

**Keywords:** children, heart arrhythmia, trace elements.

**Введение.** Актуальность проблемы нарушений ритма сердца (НРС) у детей определяется их наличием во всех возрастных группах, начиная с внутриутробного периода, разнообразием видов, недостаточным изучением этиопатогенеза, отсутствием единого терапевтического подхода [2, 11, 12]. У ряда детей НРС имеют жизнеугрожающий характер, протекают с развитием осложнений в виде синкопальных состояний, острой и хронической сердечной недостаточности, высоким риском внезапной сердечной смерти [3, 10, 15].

Результаты многочисленных исследований подтверждают, что одной из этиопатогенетических причин возникновения и прогрессирования сердечно-сосудистых заболеваний может

быть влияние экологических факторов: выбросов промышленных предприятий, автотранспорта, радиационного загрязнения, химизации сельского хозяйства, использования красителей, консервантов и других химических добавок в производстве продуктов питания [1, 4, 8, 14].

Известно, что попадание из воздуха, воды и пищи токсичных и потенциально токсичных веществ в организм человека способно вызывать острую и хроническую интоксикацию [7]. Гомеостаз может нарушаться и при недостаточном поступлении или повышенной потере эссенциальных (жизненно необходимых) биоэлементов [6, 8, 14].

Исследования, посвященные изучению роли эссенциальных и условно эссенциальных биоэлементов в возникновении НРС, единичны, в связи с чем представляет интерес определение уровня содержания эссенциальных и условно эссенциальных биоэлементов в организме детей с аритмиями, а также здоровых ровесников, проживающих в аналогичных экологических условиях. Указанное и стало **целью** настоящего исследования.

**Материалы и методы.** Обследованы 198 детей (107 мальчиков и 91 девочка) в возрасте от 6 до 17 лет с различными НРС: нарушения ритма (наджелудочковая и желудочковая экстрасистолия, синдром слабости синусового узла, хроническая непароксизмальная тахикардия, пароксизмальная наджелудочковая тахикардия), нарушения проводимости (синдром Вольфа-Паркинсона-Уайта, атриовентрикулярная блокада II-III степени). Органические изменения в сердце имели 149 (75,3%) пациентов: 97 (49,0%) детей – врожденный порок сердца (ВПС) с возникновением аритмии у 24 (24,7%) больных в различные сроки после оперативной коррекции ВПС, 28 (14,1%) детей – врожденную аномалию проводящей системы сердца (синдром Вольфа-Паркинсона-Уайта), 24 (12,1%) ребенка – первичную дилатационную (8 пациентов) и гипертрофическую (16 больных) кардиомиопатию. У 49 (24,9%) детей аритмии были проявлением вегетативной дисфункции. Пациенты находились на стационарном лечении в отделении детской кардиохирургии и реабилитации Института неотложной и восстановительной хирургии им. В.К. Гусака в период с 2006 по 2010 год, а затем наблюдались амбулаторно с контролем 1 раз в 6 месяцев на протяжении 5 лет. Все больные получали лечение согласно протоколам, утвержденным Министерством здравоохранения Украины.

Контрольную группу составили 57 здоровых ровесников (31 мальчик и 26 девочек).

Наряду с общеклиническими, лабораторными и инструментальными методами обследования всем детям проведен спектральный многоэлементный анализ волос с оценкой содержания в организме 18 биоэлементов: 15 эссенциальных (Ca, K, Mg, Na, P, S, Cr, Cu, Fe, I, Co, Mn, Mo, Se, Zn) и 3 условно эссенциальных (B, Si, V) методами атомно-эмиссионной спектроскопии в индуктивно-связанной плазме и атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией на масс-спектрометре «ICPE-9000 Plasma Atomic Emission Spectrometry» («Shimadzu», Япония). Предметом исследования стали волосы, поскольку элементный состав волос наиболее достоверно отражает содержание макро- и микроэлементов в организме. Так, доказано наличие прямой корреляционной зависимости между концентрацией бария, алюминия, лития, никеля, стронция, мышьяка в тканях сердца и волосах ( $r=+0,75$ ) [5].

Обработку результатов исследования проводили методами вариационной и альтернативной статистики с использованием лицензионного программного пакета «MedStat». Для проверки распределения данных на нормальность использовали критерий  $\chi^2$  и тест Шапиро-Уилка. Учитывая, что анализируемые признаки подчинялись закону нормального распределения, для анализа концентраций биоэлементов использовали параметрические критерии: среднее арифметическое значение показателя (M), стандартное отклонение (SD). Для сравнения количественных признаков использовали критерий Стьюдента, парного сравнения с контрольной группой – критерий Даннета; для оценки наличия корреляционной связи между признаками рассчитывали коэффициент корреляции Пирсона. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в данном исследовании принимался равным 0,05.

**Результаты.** Полученные результаты свидетельствовали о том, что физиологические показатели исследованных биоэлементов у детей с НРС отсутствовали в отличие от здоровых ровесников (табл. 1). Средняя концентрация всех эссенциальных и условно эссенциальных биоэлементов у пациентов с аритмиями была ниже (статистически значимо калия,

марганца, селена, хрома, йода, фосфора, кобальта, натрия, молибдена), чем у здоровых детей (табл. 2).

Таблица 1

Число детей, имевших дефицит эссенциальных и условно эссенциальных биоэлементов (n=255)

Биоэлемент	Все обследованные дети (n=255)		Основная группа – дети с НРС (n=198)		Контрольная группа – здоровые дети (n=57)	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Эссенциальные:	239	93,7	194	98,0	45	78,9
- кальций	203	79,6	165	83,3	38	66,7
- магний	199	78,0	163	82,3	36	63,2
- калий	186	72,9	167	84,3	19	33,3
- марганец	185	72,5	158	79,8	27	47,4
- селен	183	71,8	151	76,3	32	56,1
- хром	175	68,6	147	74,2	28	49,1
- йод	170	66,7	143	72,2	27	47,4
- железо	161	63,1	139	70,2	22	38,6
- фосфор	146	57,3	129	65,2	17	29,8
- кобальт	143	56,1	128	64,6	15	26,3
- цинк	138	54,1	117	59,1	21	36,8
- сера	112	43,9	97	49,0	15	26,3
- медь	94	36,9	82	41,4	12	21,1
- натрий	88	34,5	81	40,9	7	12,3
- молибден	46	18,0	41	20,7	5	8,8
Условно эссенциальные:	213	83,5	173	87,4	40	70,2
- бор	154	60,4	132	66,7	22	38,6
- кремний	147	57,6	129	65,2	18	31,6
- ванадий	21	8,2	21	10,6	0	0

Таблица 2

Средняя концентрация эссенциальных и условно эссенциальных биоэлементов и уровень достоверности ее различия у детей с НРС и здоровых ровесников

Название биоэлемента	Допустимая концентрация, мг/кг	Средняя концентрация (M±SD)		Уровень значимости различия, p
		Основная группа (n=198)	Контрольная группа (n=57)	
Кальций	250-500	183,8±45,7*	349,2±54,8	0,023
Магний	15-40	9,12±5,9*	26,7±4,8	0,016
Калий	53-663	55,2±10,18*	542,2±6,04	0,006
Марганец	0,32-0,93	0,25±0,16*	0,79±0,11	0,037
Селен	0,65-2,43	0,61±0,25*	1,13±0,28	0,041
Хром	0,26-0,7	0,19±0,09*	0,62±0,08	0,026
Йод	2-4,2	1,65±0,37*	3,54±0,51	0,014
Железо	10-30	15,2±5,12	19,4±4,17	0,078
Фосфор	130-190	117,2±6,21*	146,7±7,09	0,043
Кобальт	0,02-0,11	0,03±0,01*	0,09±0,01	0,032
Цинк	115-180	104,6±7,13*	158,1±8,14	0,029
Сера	42600-46300	41245,1±435,1	44132,1±448,4	0,543
Медь	8-15	8,18±1,34	10,54±2,46	0,601
Натрий	75-562	86,8±12,87*	324,2±17,12	0,049
Молибден	0,02-0,15	0,03±0,01	0,08±0,01	0,038
Бор	0,7-1	0,5±0,31	0,6±0,24	0,627

Кремний	10-27	9,14±1,27	17,82±3,21	0,561
Ванадий	0,005-0,5	0,004±0,001	0,006±0,001	0,084

Примечание: \* – статистически значимое различие в сравнении с контрольной группой.

Таблица 3

Число детей, имевших превышение допустимого содержания токсичных и потенциально токсичных химических элементов в волосах (n=255)

Химический элемент	Все обследованные дети (n=255)		Основная группа – дети с НРС (n=198)		Контрольная группа – здоровые дети (n=57)	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Токсичные:	184	72,2	167	84,3***	17	29,8
- свинец	93	36,5	81	40,9**	12	21,1
- барий	67	26,3	59	29,8*	8	14,0
- кадмий	37	14,5	31	15,7	6	10,5
- висмут	30	11,8	26	13,1	4	7,0
- алюминий	15	5,9	15	7,6***	0	0
- ртуть	12	4,7	12	6,1**	0	0
Потенциально токсичные:	103	40,4	91	46,0**	12	21,1
- стронций	94	36,9	87	43,9***	7	12,3
- никель	65	25,5	61	30,8***	4	7,0
- литий	36	14,1	32	16,2*	4	7,0
- сурьма	18	7,1	18	9,1***	0	0
- мышьяк	6	2,4	6	3,0*	0	0

Примечания: \* – p<0,05 в сравнении с контрольной группой; \*\* – p<0,01 в сравнении с контрольной группой; \*\*\* – p<0,001 в сравнении с контрольной группой.

Таблица 4

Средняя концентрация токсичных и потенциально токсичных химических элементов и уровень достоверности ее различия у детей с НРС и здоровых ровесников

№ п/п	Название ХЭ	Допустимая концентрация, мг/кг	Средняя концентрация (M±SD)		Уровень значимости различия, p
			Основная группа (n=198)	Контрольная группа (n=57)	
1.	Свинец	0,76-2,73	(2,18±0,43)	(0,72±0,07)	0,011
2.	Барий	1,0-2,1	(1,93±0,39)	(0,39±0,04)	0,042
3.	Кадмий	0,02-0,04	(0,42±0,15)*	(0,05±0,02)*	0,002
4.	Висмут	0,2-0,5	(1,03±0,36)*	(0,49±0,04)*	0,544
5.	Алюминий	9-23	(19,8±2,03)	-	
6.	Ртуть	0,0-0,7	(0,67±0,05)*	-	
7.	Стронций	0,5-5,0	(3,64±0,73)	(0,55±0,12)	0,014
8.	Никель	0,15-0,55	(0,45±0,17)*	(0,09±0,04)*	0,004
9.	Литий	0,01-0,04	(0,05±0,02)*	-	
10.	Сурьма	0-1,0	(1,03±0,36)*	-	
11.	Мышьяк	0,2-0,3	(0,18±0,06)	-	

Примечание: \* – превышение допустимой концентрации.

Как следует из табл. 1, дефицит жизненно необходимых биоэлементов документирован у 93,7% всех детей, из них у 81,2% пациентов с НРС. Обращало внимание, что у больных с аритмиями статистически значимо чаще в сравнении со здоровыми ровесниками документирован дефицит одновременно трех эссенциальных химических элементов (59,1% и 36,8% соответственно, p<0,01) и четырех (39,4% и 19,3%, p<0,01). Дефицит пяти и более жизненно необходимых биоэлементов констатирован только у пациентов с НРС (27 детей, 13,6%).

Снижение допустимого содержания кальция статистически значимо чаще ( $p < 0,05$ ) имели больные с НРС (83,3%), чем здоровые ровесники (66,7%). Средний уровень кальция у детей с аритмиями был в 2 раза ниже (183,8 мг/кг), чем в контрольной группе (349,2 мг/кг,  $p = 0,023$ ). Наличие кальция в кардиомиоцитах является обязательным условием для возникновения электрического заряда в сердце и потенциала действия во всей мышечной ткани [6], поэтому дефицит этого макроэлемента может негативно отразиться на функции сердечной мышцы. По данным О.А. Решетняк и соавт. [8], одной из причин укорочения интервала PQ и удлинения QT может быть дефицит кальция.

Дефицит магния констатирован у 163 (82,3%) детей с НРС, что было достоверно чаще в сравнении со здоровыми ровесниками (63,2%,  $p < 0,05$ ). Средняя концентрация магния у больных с аритмиями составила 9,12 мг/кг, что было статистически значимо ниже в сравнении со здоровыми детьми – 26,7 мг/кг,  $p = 0,016$ . Эссенциальный макроэлемент магний входит в состав более чем 300 ферментов, которые регулируют биоэнергетические процессы и деятельность сердечно-сосудистой системы, обладает расслабляющим действием на сердечную мышцу. Снижение допустимого содержания магния вызывает спазм сосудов, аритмию [6].

Снижение допустимого содержания калия статистически значимо чаще имели пациенты с НРС (84,3%), чем здоровые ровесники (33,3%,  $p < 0,001$ ). Средний уровень калия у детей с аритмиями был в 10 раз ниже (55,2 мг/кг), чем в контрольной группе (542,2 мг/кг,  $p = 0,006$ ). Полученный уровень калия характеризует доклинический дефицит данного макроэлемента и не сопровождается гипокалиемией, может проявляться обменными и функциональными нарушениями в миокарде, НРС [6]. Минимальное содержание калия у детей с НРС составило 45,02 мг/кг, что на 15% ниже нижней границы допустимой нормы (53,0 мг/кг). Полученные результаты могут быть объяснены избытком в организме пациентов с аритмиями токсичного микроэлемента бария (табл. 3, 4), являющегося антагонистом калия [4, 6].

Дефицит марганца документирован у 158 (79,8%) детей с НРС, что было статистически значимо чаще, чем у здоровых ровесников (47,4%,  $p < 0,001$ ). У пациентов с аритмиями средний уровень марганца был достоверно ниже, чем у здоровых сверстников (0,25 мг/кг и 0,79 мг/кг соответственно,  $p = 0,037$ ). Известно, что вход кальция в кардиомиоциты происходит при непосредственном участии марганца, а его дефицит может стать причиной нарушения коронарного кровообращения и вентрикулярной фибрилляции [13].

Снижение допустимого содержания селена статистически значимо чаще констатировано у пациентов с НРС (151 ребенок, 76,3%), чем у здоровых ровесников (56,1%,  $p < 0,05$ ). Средняя концентрация селена у больных с НРС составила 0,61 мг/кг, что было статистически значимо ниже в сравнении со здоровыми детьми – 1,13 мг/кг,  $p = 0,041$ . Результаты исследования Г.Н. Окуновой и соавт. [7] свидетельствуют о том, что при дефиците селена наблюдается резкое снижение количества миозина в мышцах одновременно с увеличением коллагена, происходит замещение мышечных волокон соединительной тканью.

Известно, что жизненно необходимый микроэлемент хром принимает активное участие в регуляции деятельности миокарда и в поддержании сосудистого тонуса [6, 13]. В нашем исследовании дефицит хрома имели 147 (74,2%) детей с НРС, что было статистически значимо чаще, чем у здоровых ровесников (49,1%,  $p < 0,01$ ). Средний уровень хрома у детей с аритмиями был достоверно ниже, чем у здоровых сверстников (0,19 мг/кг и 0,62 мг/кг соответственно,  $p = 0,026$ ).

Согласно данным Д. Оберлиса и соавт. [6], дефицит йода может приводить к повышению содержания холестерина в крови, брадикардии. Средняя концентрация йода у пациентов с НРС составила 1,65 мг/кг, что было статистически значимо ниже в сравнении со здоровыми детьми – 3,54 мг/кг,  $p = 0,014$ . У 87 (60,8%) детей с аритмиями, имевших дефицит йода, диагностирована синусовая брадикардия, у 14 (9,8%) – синдром слабости синусового узла.

Снижение допустимого содержания железа выявлено статистически значимо чаще у детей с НРС (70,2%), чем у здоровых ровесников (38,6%,  $p < 0,001$ ). Средняя концентрация железа у больных с аритмиями составила 15,2 мг/кг, у здоровых ровесников – 19,4 мг/кг. Известно, что железо, наряду с марганцем, медью, литием, молибденом, ванадием и цинком, определяет вход кальция в кардиомиоциты [6].

Дефицит фосфора констатирован у 129 (65,2%) больных с НРС, что было статистически значимо чаще, чем у здоровых детей (29,8%,  $p < 0,001$ ). Средний уровень фосфора у больных с НРС был достоверно ниже (117,2 мг/кг), чем в контрольной группе (146,7 мг/кг,  $p = 0,043$ ). Доказано, что дефицит фосфора может вызывать дистрофические изменения в миокарде [6].

Снижение допустимого содержания цинка выявлено статистически значимо чаще у детей с НРС (59,1%), чем у здоровых ровесников (36,8%,  $p < 0,01$ ). Средний уровень цинка у пациентов с аритмиями был в 1,5 раза ниже (104,6 мг/кг), чем в контрольной группе (158,1 мг/кг,  $p = 0,023$ ).

T.G. Kazi et al. [13] выявили положительную корреляционную зависимость между содержанием фосфора и цинка в ткани сердца и фракцией выброса левого желудочка.

Снижение допустимого содержания кобальта выявлено у 128 (64,6±3,4%) больных с НРС, что было статистически значимо чаще, чем у здоровых детей (26,3±5,8%,  $p < 0,001$ ). Средний уровень кобальта у детей с аритмиями был в 3 раза ниже (0,03 мг/кг), чем в контрольной группе (0,09 мг/кг,  $p = 0,032$ ). По данным Д. Оберлиса и соавт. [6], одними из основных проявлений дефицита кобальта являются обменные и функциональные нарушения в миокарде, НРС.

Дефицит серы статистически значимо чаще ( $p < 0,01$ ) имели дети с НРС (49,0%), чем здоровые ровесники (26,3%). Сера является структурным компонентом белка коллагена, который входит в состав клапанного аппарата сердца [6].

Снижение допустимого содержания меди документировано у 82 (41,4%) пациентов с НРС, что было статистически значимо чаще, чем у здоровых ровесников (21,1%,  $p < 0,01$ ). Обращало внимание, что дефицит меди имели 6 (75,0%) детей с первичной дилатационной кардиомиопатией и 10 (62,5%) больных с первичной гипертрофической кардиомиопатией, что согласуется с данными T.G. Kazi et al. [13], согласно которым дефицит меди может стать причиной развития кардиомиопатии. Результаты исследования М.П. Магомедова [5] свидетельствуют о том, что дефицит меди в период эмбриогенеза может стать причиной формирования врожденного порока развития, в том числе сердца и магистральных сосудов. В нашем исследовании 29 (29,9%) детей с ВПС имели дефицит меди.

Дефицит натрия наблюдался статистически значимо чаще у пациентов с НРС (81 ребенок, 40,9%), чем у здоровых детей (12,3%,  $p < 0,001$ ). Средняя концентрация натрия у детей с аритмиями составила 86,8 мг/кг, что было статистически значимо ниже в сравнении со здоровыми сверстниками – 324,2 мг/кг,  $p = 0,049$ . Согласно данным Д. Оберлиса и соавт. [6], натрий принимает участие в формировании потенциала действия путем обмена с ионами калия, участвует в транспорте углекислого газа, поддерживает осмотическое давление.

Дефицит молибдена статистически значимо чаще ( $p < 0,05$ ) имели дети с НРС (20,7%), чем здоровые ровесники (8,8%). По данным Д. Оберлиса и соавт. [6], дефицит молибдена может приводить к НРС.

Как свидетельствуют данные табл. 1, снижение допустимого содержания условно эссенциальных биоэлементов констатировано у 213 (83,5%) обследованных, при этом статистически значимо чаще у детей с НРС (87,4%), чем у здоровых детей (70,2%,  $p < 0,05$ ). Обращало внимание, что дефицит одновременно двух и трех условно эссенциальных биоэлементов констатирован только у больных с НРС.

Дефицит бора документирован статистически значимо чаще у пациентов с НРС (132 ребенка, 66,7%), чем у здоровых ровесников (38,6%,  $p < 0,01$ ). Известно, что дефицит бора может вызывать дистрофические изменения в миокарде [6].

Снижение допустимого содержания кремния выявлено у 129 (65,2%) детей с НРС, что было значимо чаще, чем в контрольной группе (31,6%,  $p < 0,001$ ). На сегодняшний день доказано, что в организме в наиболее высоких концентрациях кремний содержится в соединительной ткани, в том числе в стенках аорты [9]. Основными проявлениями дефицита кремния является гиперхолестеринемия и атеросклероз [8]. Обращало внимание, что снижение допустимого содержания кремния констатировано у всех детей с коарктацией аорты (16 больных).

Снижение допустимого содержания в организме ванадия имели только пациенты с НРС (21 ребенок, 10,6%,  $p < 0,001$ ). При дефиците ванадия в организме человека развивается гиперхолестеринемия, а также происходит задержка натрия и воды вплоть до развития отеков, особенно на фоне недостаточности кровообращения [9].

Следует отметить, что у обследованных нами детей не зарегистрировано превышения допустимого содержания эссенциальных или условно эссенциальных биоэлементов. Дефицит биоэлементов документирован статистически значимо чаще у пациентов с НРС, чем у здоровых ровесников. Проведенный анализ с расчётом коэффициента корреляции Пирсона установил наличие прямой сильной корреляционной зависимости (отличие коэффициента корреляции от 0 на уровне  $p < 0,05$ ) между степенью превышения допустимого содержания в организме токсичных химических элементов и дефицитом их эссенциальных элементов-антагонистов ( $r = + 0,90$ ). При этом не выявлено достоверной зависимости содержания эссенциальных или условно эссенциальных биоэлементов от места проживания ( $r = + 0,52$ ), социального статуса семьи ( $r = + 0,48$ ), профессии родителей ( $r = + 0,46$ ), пола ребенка ( $r = + 0,38$ ).

Таким образом, у детей с нарушениями ритма сердца статистически значимо чаще выявлен дефицит эссенциальных и условно эссенциальных биоэлементов в сравнении со здоровыми ровесниками, проживающими в тех же экологических условиях.

Возможными причинами дисэлементоза могло стать превышение допустимого содержания в организме токсичных и потенциально токсичных химических элементов-антагонистов, что подтверждают результаты корреляционного анализа.

Средняя концентрация всех эссенциальных и условно эссенциальных биоэлементов у пациентов с аритмиями была ниже (статистически значимо калия, марганца, селена, хрома, йода, фосфора, кобальта, натрия, молибдена), чем у здоровых детей.

### Литература:

1. Агарков В.И., Грищенко С.В., Антропова О.С., Лихобаба О.А., Коктышев И.В. Современные закономерности формирования болезней системы кровообращения среди городского взрослого населения в условиях промышленного Донбасса с полиэкстремальной средой обитания // Материалы I Международной научной конференции «Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности». Донецк, Т.2. С. 273-275.
2. Артюхов И.П., Галактионова М.Ю. Клинико-социальные аспекты нарушений ритма и проводимости сердца у детей // Российский педиатрический журнал. 2010. № 2. С. 20-24.
3. Васичкина Е.С. Совершенствование подходов к диагностике и лечению жизнеопасных нарушений ритма и проводимости сердца у детей : автореф. дис... д-ра мед. наук : 14.01.08, 14.01.05. СПб., 2016. 36 с.
4. Копачевский В.Д., Кривошеева М.А., Боброва Л.А., Юойков В.Н., Астровская Г.И. Диагностика состояния человеческого организма по результатам анализа волос на лазерном анализаторе элементного состава LEA-S500 // Поликлиника. 2015. №6 (1). С. 91 – 92.
5. Муквич Е.Н., Коваль А.П., Дубовая А.В. Зависимость между содержанием токсичных металлов в тканях сердечно-сосудистой системы и других биосубстратах детей с кардиоваскулярными мальформациями // Перинатология и педиатрия. 2015. №1 (61). С. 50-53.
6. Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. СПб., 2008. 544 с.

7. Окунева Г.Н., Кливер Е.Э., Караськов А.М. Химические элементы и структурно-молекулярные особенности кардиомиоцитов у пациентов раннего возраста с транспозицией магистральных артерий // Патология кровообращения и кардиохирургия. 2012. № 3. С. 13-17.
8. Решетняк О.А., Евстафьева И.А., Евстафьева Е.В., Гружевская В.Ф. Значение кадмия, калия и кальция для функционального состояния сердечно-сосудистой системы спортсменов // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского, серия «Биология, химия». 2010. Том 23 (62), № 3. С. 129-135.
9. Руденко И.В. Роль макро-, микроэлементов в развитии врождённых пороков // Достижения биологии и медицины. 2009. № 1 (13). С.94-98.
10. Садыкова Д.И., Фирсова Н.Н., Чиликина Ю.М., Абдуллина Е.А. Синдром удлиненного интервала QT с синкопальными состояниями // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2014. № 6 (59). С. 66-69.
11. Сухарева Г.Э. Аритмии у новорожденных (часть 2) // Неонатология, хирургия и перинатальная медицина. 2014. Т. 4, №1 (11). С. 94-97.
12. Школьников М.А. Диагностика и лечение нарушений ритма и проводимости сердца у детей / под ред. М.А. Школьниковой, Е.Ф. Егорова. СПб. : Человек, 2012. 432 с.
13. Kazi T.G., Afridi H.I., Kazi N., Jamali M.K., Arain M.B., Jalbani N., Kandhro G.A. Copper, chromium, manganese, iron, nickel and zinc levels in biological samples of diabetes mellitus patients // Biol. Trace Elem. Res. 2008. Vol. 122. P.1-18.
14. Masironi R. Trace Elements and Cardiovascular Diseases // Occup. Environ. Med. 2007. Vol. 47, No 12. P.776-780.
15. Rodday A.M., Triedman J.K., Alexander M.E., Cohen J.T., Ip S., Newburger J.W., Parsons S.K., Trikalinos T.A., Wong J.B., Leslie L.K. Electrocardiogram screening for disorders that cause sudden cardiac death in asymptomatic children: a meta-analysis // Pediatrics. 2012. Vol. 129, No 4. P.999-1010.

#### References:

1. Agarkov V.I., Grishhenko S.V., Antropova O.S., Lihobabina O.A., Koktyshhev I.V. Modern laws of formation of the circulatory system diseases among the urban adult population in industrial Donbass polyextremity habitat // Materialy I Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Doneckie chtenija 2016. Obrazovanie, nauka i vyzovy sovremennosti». Doneck, Vol. 2. P. 273-275 (in Russian).
2. Artjuhov I.P., Galaktionova M.Ju. Clinical and social aspects of arrhythmias and conduction of the heart in children // Rossijskij pediatričeskij zhurnal. 2010. No 2. P. 20-24 (in Russian).
3. Vasichkina E.S. Improved approaches to diagnosis and treatment of life-threatening arrhythmias and conduction of the heart in children : avtoref. dis... d-ra med. nauk : 14.01.08, 14.01.05 Sankt-Peterburg, 2016. 36 p. (in Russian).
4. Kopachevskij V.D., Krivosheeva M.A., Bobrova L.A., Juojkov V.N., Astrovskaia G.I. Diagnosis of the state of the human body as a result of analysis of hair on the laser analyzer elemental composition LEA-S500 // Poliklinika. 2015. No 6 (1). P. 91 – 92 (in Russian).
5. Mukvich E.N., Koval' A.P., Dubovaja A.V. The relationship between the content of toxic metals in the tissues of the cardiovascular system and other biosubstrates children with cardiovascular malformations // Perinatologija i pediatrija. 2015. No 1 (61). P. 50-53 (in Russian).
6. Oberlis D., Harland B., Skal'nyj A. The biological role of macro- and micronutrients in humans and animals. Sankt-Peterburg, 2008. 544 p. (in Russian).
7. Okuneva G.N., Kliver E.Je., Karas'kov A.M. Chemical elements and structural and molecular features of cardiomyocytes in young patients with transposition of the main arteries // Patologija krovoobrashhenija i kardiohirurgija. 2012. No 3. P. 13-17 (in Russian).
8. Reshetnjak O.A., Evstaf'eva I.A., Evstaf'eva E.V., Gruzhevskaja V.F. The value of cadmium, potassium and calcium for the functional state of the cardiovascular system of sportsmen // Uchenye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo, serija «Biologija, himija». 2010. Vol 23 (62), No 3. P. 129-135 (in Russian).



9. Rudenko I.V. The role of the macro, micronutrients in the development of congenital malformations // Dostizhenija biologii i mediciny. 2009. No 1 (13). P. 94-98 (in Russian).
10. Sadykova D.I., Firsova N.N., Chilikina Ju.M., Abdullina E.A. Elongated QT interval syndrome with syncopes // Rossijskij vestnik perinatologii i pediatrii. 2014. No 6 (59). P. 66-69 (in Russian).
11. Suhareva G.Je. Arrhythmias in neonates (Part 2) // Neonatologija, hirurgija i perinatal'naja medicina. 2014. Vol. 4, No 1 (11). P. 94-97 (in Russian).
12. Shkol'nikova M.A. Diagnosis and treatment of disorders of rhythm and conduction of the heart in children / edited by M.A. Shkol'nikova, E.F. Egorov. Sankt-Peterburg : Chelovek, 2012. 432 p. (in Russian).
13. Kazi T.G., Afridi H.I., Kazi N., Jamali M.K., Arain M.B., Jalbani N., Kandhro G.A. Copper, chromium, manganese, iron, nickel and zinc levels in biological samples of diabetes mellitus patients // Biol. Trace Elem. Res. 2008. Vol. 122. P.1-18.
14. Masironi R. Trace Elements and Cardiovascular Diseases // Occup. Environ. Med. 2007. Vol. 47, No 12. P.776-780.
15. Rodday A.M., Triedman J.K, Alexander M.E., Cohen J.T., Ip S., Newburger J.W., Parsons S.K., Trikalinos T.A., Wong J.B., Leslie L.K. Electrocardiogram screening for disorders that cause sudden cardiac death in asymptomatic children: a meta-analysis // Pediatrics. 2012. Vol. 129, No 4. P.999-1010.