

УДК 616.12-007-053.1-008.313:54.01]-053.2

DOI 10.17802/2306-1278-2018-7-2-112-120

СОДЕРЖАНИЕ ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ И УСЛОВНО ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ИНТРАОПЕРАЦИОННЫХ БИОПТАТАХ ДЕТЕЙ С ВРОЖДЕННЫМИ ПОРОКАМИ СЕРДЦА И АРИТМИЕЙ

А.В. Дубовая¹ , Г.Э. Сухарева²

¹Государственная образовательная организация высшего профессионального образования «Донецкий национальный медицинский университет имени М. Горького», пр-т Ильича, 16, Донецк, 83003; Институт неотложной и восстановительной хирургии имени В.К. Гусака, пр-т Ленинский, 47, Донецк, 83000; ²Медицинская академия имени С.И. Георгиевского Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского», бульвар Ленина, 5/7, Симферополь, Республика Крым, Российская Федерация, 295051

Основные положения

- Полученные доказательства наличия прямой сильной корреляционной зависимости между концентрацией эссенциальных и условно эссенциальных химических элементов в тканях кардиоваскулярной системы и в волосах подтверждают возможность использования волос как биосубстрата, который объективно отражает содержание данных химических элементов в тканях сердца и сосудов.
- Полученные результаты, указывающие на дефицит эссенциальных и условно эссенциальных химических элементов в организме детей с врожденными пороками сердца и нарушениями ритма, могут быть использованы при разработке комплексных мероприятий по ведению данной категории пациентов.

Актуальность

Несмотря на многочисленность проводимых исследований, особенно в последнее десятилетие, до настоящего времени ряд аспектов этиопатогенеза, лечения и реабилитации детей с нарушением ритма сердца (НРС) остаются не изученными. В поиске возможных путей решения ряда задач нами было обращено внимание на существенную значимость химических элементов (ХЭ) в обеспечении деятельности сердечно-сосудистой системы.

Цель

Оценить содержание и выявить взаимосвязь между концентрацией эссенциальных и условно эссенциальных химических элементов в волосах и в интраоперационных биоптатах детей с ВПС и аритмией.

Материалы и методы

Обследованы 55 детей (34 мальчика и 21 девочка) в возрасте от 6 до 17 лет с различными видами НРС и ВПС. Определено содержание 15 эссенциальных ХЭ (кальций, калий, магний, натрий, фосфор, сера, хром, медь, железо, йод, кобальт, марганец, молибден, селен, цинк) и 3 условно эссенциальных ХЭ (бор, кремний, ванадий) в волосах и в интраоперационных биоптатах детей с ВПС методами атомно-эмиссионной спектрометрии в индуктивно-связанной плазме и атомно-абсорбционной спектрометрии с электротермической атомизацией. Обработку результатов исследования проводили методами вариационной и альтернативной статистики с использованием лицензионного программного пакета «MedStat».

Результаты

По результатам проведенного спектрального многоэлементного анализа интраоперационных биоптатов тканей сердца и магистральных сосудов выявлен дефицит эссенциальных ХЭ (К, Mn, Se, Cr, P, Co, S, Cu, Na, Mo) и условно эссенциального микроэлемента Si. Доказана прямая сильная корреляционная зависимость между содержанием эссенциальных ХЭ (К, Mn, Se, Cr, Co) и условно эссенциального ХЭ Si в волосах и тканях сердца у детей с ВПС и НРС.

Заключение

Выявленный дефицит эссенциальных ХЭ калия, марганца, селена, хрома, фосфора, кобальта, серы, меди, натрия, молибдена и условно эссенциального микроэлемента кремния, доказанная прямая сильная корреляционная зависимость между содержанием калия, марганца, селена, хрома, кобальта и кремния в волосах и тканях сердца у детей с ВПС и НРС подтверждает информативность

Для корреспонденции: Дубовая Анна Валериевна, тел. +380997903356, e-mail: dubovaya_anna@mail.ru, адрес: 83003, Донецк, пр. Ильича, 16

Corresponding author: Dubovaya Anna V., tel. +380997903356, e-mail: dubovaya_anna@mail.ru, address: 83003, Donetsk, 16, Ilich pr.

использования данного биосубстрата для оценки содержания ХЭ в организме.

Ключевые слова Дети • Интраоперационный биоптат • Аритмия • Врожденный порок сердца

Поступила в редакцию: 26.01.18; поступила после доработки: 19.03.18, 30.04.18; принята к печати: 03.05.18

LEVELS OF ESSENTIAL AND CONDITIONALLY ESSENTIAL NUTRIENTS IN THE INTRAOPERATIVE BIOPSY SPECIMENS OF CHILDREN WITH CONGENITAL HEART DISEASE AND HEART RHYTHM DISORDERS

A.V. Dubovaya^{1✉}, G.E. Sukhareva²

¹M. Gorky Donetsk National Medical University, Ilich pr., 16, Donetsk, 83003; K. Gusak Institute of Emergency and Reconstructive Surgery, Leninski pr., 47, Donetsk, 83000; ²S.I. Georgievsky Medical Academy of Vernadsky CFU, Lenin Av., 5/7, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation, 295051

Highlights

- The direct strong correlation between the levels of essential and conditionally essential nutrients in the cardiovascular tissues has been determined. Hair may be used as a biosubstrate, which objectively reflects their levels in the cardiovascular tissues.
- The obtained findings proving the deficit of essential and conditionally essential nutrients in the body of children with congenital heart disease and heart rhythm disorders may be used for the development of advanced treatment approaches to this group of patients.

Background	Despite recent numerous studies, etiopathogenesis, treatment and rehabilitation of children with heart rhythm disorders haven't been studied well. We paid attention to the significant impact of mineral nutrients on cardiac activity, while addressing to the viable solutions.
Aim	To measure the levels of essential and conditionally essential mineral nutrients and to determine any relationships between their concentrations in hair and in the intraoperative biopsy specimens obtained from children with congenital heart disease and heart rhythm disorders.
Methods	55 children (34 boys and 21 girls) aged 6 to 17 years with different heart rhythm disorders and congenital heart disease were included in the study. Levels of 15 essential mineral nutrients (calcium, potassium, magnesium, sodium, phosphorus, sulfur, chromium, copper, iron, iodine, cobalt, manganese, molybdenum, selenium, zinc) and 3 conditionally essential nutrients (boron, silicon, vanadium) were measured in hair and in the intraoperative biopsy specimens obtained from children with congenital heart disease using inductively coupled plasma atomic emission spectrometry and electrothermal atomization atomic absorption spectrometry. The results of the study were processed using variational and alternative statistic methods with the commercially available software "MedStat".
Results	The lack of essential nutrients (K, Mn, Se, Cr, P, Co, S, Cu, Na, Mo) and conditionally essential mineral, Si, in the intraoperative biopsy specimens of the heart and great arteries has been found. The direct strong correlation between the levels of essential (K, Mn, Se, Cr, Co) and conditionally essential (Si) minerals in hair and heart tissues of children with congenital heart disease and heart rhythm disorders has been determined.
Conclusion	The deficit of essential (potassium, manganese, selenium, chromium, phosphorus, cobalt, sulfur, copper, sodium, molybdenum) and conditionally essential (silicon) mineral nutrients, and the direct strong correlation between their levels in hair and heart tissues of children with congenital heart disease and heart rhythm disorders allows using hair as a biosubstrate, which is highly informative for the measurement of nutrients in the human body.
Keywords	Children • Intraoperative biopsy specimen • Heart rhythm disorder • Congenital heart disease

Список сокращений

АТФ – аденозинтрифосфорная кислота
 ВПС – врожденный порок сердца
 МС – магистральный сосуд

НРС – нарушение ритма сердца
 ХЭ – химический элемент

Введение

Нарушения ритма сердца (НРС) у детей остаются актуальной междисциплинарной медицинской и социальной проблемой во всем мире вследствие значительной распространенности, возможного сохранения, а в ряде случаев прогрессирования в последующие возрастные периоды, фатальности жизнеугрожающих состояний [1 - 3]. Несмотря на многочисленность проводимых исследований, особенно в последнее десятилетие, до настоящего времени ряд аспектов этиопатогенеза, лечения и реабилитации детей с аритмией остаются не изученными [4 - 6]. В поиске возможных путей решения ряда задач нами было обращено внимание на существенную значимость химических элементов (ХЭ) в обеспечении деятельности сердечно-сосудистой системы [7 - 10]. В предыдущих наших исследованиях было выявлено, что дети с аритмией статистически значимо чаще ($p < 0,05$) в сравнении со здоровыми сверстниками имели дефицит эссенциальных (кальций, калий, магний, натрий, фосфор, сера, хром, медь, железо, йод, кобальт, марганец, молибден, селен, цинк) и условно эссенциальных (бор, кремний, ванадий) ХЭ. Показатель средней концентрации всех эссенциальных и условно эссенциальных ХЭ у пациентов с НРС был ниже в сравнении с контрольной группой, достигая статистической значимости по калию, марганцу, селену, хрому, йоду, фосфору, кобальту, натрию, молибдену [11]. Полученные данные явились основанием для определения этих ХЭ в интраоперационных биоптатах детей с врожденными пороками сердца (ВПС) и аритмией.

Цель исследования: Оценить содержание и выявить взаимосвязь между концентрацией эссенциальных и условно эссенциальных химических элементов в волосах и в интраоперационных биоптатах детей с ВПС и аритмией.

Материалы и методы

Статья отвечает принципам Хельсинской декларации, принятой Генеральной ассамблеей Всемирной медицинской ассоциации (с изменениями от 2013 г.), Конвенции Совета Европы о правах человека и биомедицине (1997), соответствующим положениям ВОЗ, Международного совета медицинских научных обществ, Международного кодекса медицинской этики (1983 г.), правил Европейской Конвенции по защите позвоночных животных, которые используются в экспериментальных исследованиях и с другой целью [European

convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. – Council of Europe, Strasbourg, 1986. – 53p.], полностью исключает ограничение интересов пациента и нанесение вреда его здоровью, соответствует всем этическим требованиям.

Обследованы 55 детей (34 мальчика и 21 девочка) в возрасте от 6 до 17 лет (средний возраст – $9,5 \pm 3,2$ года) с различными видами НРС и ВПС, диспансерное наблюдение и оперативная коррекция порока у которых были проведены в отделении детской кардиохирургии и реабилитации Института неотложной и восстановительной хирургии им. В.К. Гусака. У 10 (18,2%) пациентов диагностированы обструктивные пороки левого сердца, у 9 (16,3%) больных – обструктивные пороки правого сердца, у 15 (27,3%) детей – шунтовые пороки с перегрузкой правого желудочка, у 21 (38,2%) больного – шунтовые пороки с перегрузкой левого желудочка. НРС были представлены суправентрикулярной и желудочковой экстрасистолой, синдромом слабости синусового узла, хронической непароксизмальной тахикардией, пароксизмальной суправентрикулярной тахикардией, синоаурикулярной блокадой, атриовентрикулярной блокадой I-II степени. Определено содержание 15 эссенциальных ХЭ (кальций, калий, магний, натрий, фосфор, сера, хром, медь, железо, йод, кобальт, марганец, молибден, селен, цинк) и 3 условно эссенциальных ХЭ (бор, кремний, ванадий) в волосах и в интраоперационных биоптатах детей с ВПС методами атомно-эмиссионной спектromетрии в индуктивно-связанной плазме и атомно-абсорбционной спектromетрии с электротермической атомизацией на масс-спектрометре «ICPE-9000 Plasma Atomic Emission Spectrometry» («Shimadzu», Япония). Забор 81 биоптата был осуществлен интраоперационно во время хирургической коррекции ВПС у 55 детей с НРС: аорта ($n = 17$), место коарктации аорты ($n = 20$), стенка предсердия ($n = 13$), миокард ($n = 9$), межпредсердная перегородка ($n = 9$), перикард ($n = 7$), клапан легочной артерии ($n = 3$), стенка легочной артерии ($n = 2$), артериальный проток ($n = 1$). У всех детей выполнено первичное кардиохирургическое вмешательство, пациенты с повторными операциями на сердце в исследование не включались.

Обработку результатов исследования проводили методами вариационной и альтернативной статистики с использованием лицензионного программного пакета «MedStat». Для проверки распределе-

ния данных на нормальность использовали критерий χ^2 и тест Шапиро-Уилка. Учитывая, что анализируемые признаки подчинялись закону нормального распределения, рассчитывали среднее арифметическое значение показателя (М), стандартную ошибку среднего (m); для сравнения количественных признаков использовали критерий Стьюдента (р); для оценки наличия корреляционной зависимости между признаками рассчитывали коэффициент корреляции Пирсона. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в данном исследовании принимался равным 0,05.

Результаты. По результатам проведенного спектрального многоэлементного анализа интраоперационных биоптатов тканей сердца и магистральных сосудов (МС) выявлен дефицит эссенциальных ХЭ (К, Mn, Se, Cr, P, Co, S, Cu, Na, Mo) и условно эссенциального микроэлемента Si, что представлено в Табл. 1.

Как свидетельствуют результаты исследования, представленные в Табл. 1, в локусе мальформации у детей с ВПС средняя концентрация всех эссенциальных и условно эссенциальных ХЭ была ниже (статистически значимо калия, марганца, селена, хрома, фосфора, кобальта, натрия, молибдена, кремния), чем в неизменной области сердца. Доказано, что ионы K^+ и Na^+ принимают непосредственное участие в возникновении потенциала

действия, нарушение образования или проведения которого может лежать в основе аритмии [7]. Двухвалентные катионы Mn^{2+} в числе прочих (Fe^{2+} , Zn^{2+} , P^{2+} и V^{2+}) определяют вход Ca^{2+} в кардиомиоцит. При дефиците селена уменьшается количество миозина, из которого под действием Ca^{2+} образуется актомиозин. Актомиозин, обладая АТФ-азной активностью, в присутствии Ca^{2+} и Mg^{2+} гидролизует АТФ и обеспечивает энергией сокращение мышцы, то есть систолу сердца. Учитывая выше изложенное, можно предположить роль данных ХЭ в этиопатогенезе нарушений ритма сердца у обследованных детей.

Следующим этапом исследования было определение корреляционной зависимости с использованием коэффициента корреляции Пирсона между концентрацией эссенциальных и условно эссенциальных ХЭ в тканях сердца и волосах детей с ВПС и НРС.

Результаты анализа корреляционной зависимости между концентрацией калия в тканях сердца и волосах детей с ВПС и НРС представлены в Табл. 2.

Согласно данным Табл. 2, установлено наличие прямой сильной корреляционной зависимости между концентрацией эссенциального ХЭ калия в локусе мальформации и в неизменной области сердца ($r = + 0,924$), в локусе мальформации и в волосах ($r = + 0,871$). Полученные данные свиде-

Таблица 1. Концентрация эссенциальных и условно эссенциальных ХЭ в интраоперационных биоптатах тканей сердца детей с ВПС и НРС

Table 1. Levels of essential and conditionally essential minerals in the intraoperative biopsy specimens of children with CHD and heart rhythm disorders

Название ХЭ / Mineral	Допустимая концентрация в тканях сердца и сосудов, мг/кг [12] / Reference values in heart tissues and great arteries [12]	Средняя концентрация (M \pm m) / Mean levels		P
		Локус мальформации / Malformation locus (n = 40)	Неизменная область сердца и МС / Normal region of the heart and GA (n = 41)	
Калий / Potassium	1,5 - 2,5	1,1 \pm 0,2	1,4 \pm 0,9	0,024
Марганец / Manganese	0,09 - 1,3	0,07 \pm 0,05	0,82 \pm 0,13	0,007
Селен / Selenium	0,07 - 0,28	0,08 \pm 0,05	0,09 \pm 0,07	0,036
Хром / Chromium	0,01 - 0,13	0,05 \pm 0,02	0,12 \pm 0,01	0,024
Фосфор / Phosphorus	1,4 - 1,6	1,2 \pm 0,1	1,3 \pm 0,2	0,043
Кобальт / Cobalt	0,01 - 0,2	0,02 \pm 0,01	0,09 \pm 0,01	0,032
Сера / Sulfur	1346 - 1849	1234 \pm 249	1632 \pm 189	0,521
Медь / Copper	2 - 6	3,42 \pm 1,36	4,35 \pm 1,39	0,514
Натрий / Sodium	1212 - 1700	1014 \pm 235	1123 \pm 276	0,032
Молибден / Molybdenum	0,05 - 0,2	0,02 \pm 0,01	0,04 \pm 0,01	0,041
Кремний / Silicon	82 - 86	79 \pm 4	81 \pm 5	0,052

Примечание: ВПС – врожденные пороки сердца, ХЭ – химический элемент, МС – магистральные сосуды.
Note: CHD – congenital heart disease, GA – great arteries.

тельствуют о возможности использования волос как биосубстрата, который объективно отражает содержание эссенциального ХЭ калия в тканях сердца.

В Табл. 3 приведены результаты анализа корреляционной зависимости между концентрацией марганца в тканях сердца и волосах детей с ВПС и НРС.

Как свидетельствуют данные таблицы 3, установлено наличие прямой сильной корреляционной зависимости между концентрацией эссенциального ХЭ марганца в локусе мальформации и в неизменной области сердца ($r = + 0,778$), в локусе мальформации и в волосах ($r = + 0,835$). Полученные результаты позволяют утверждать, что выявление дефицита марганца в волосах может с высокой долей вероятности свидетельствовать о его дефиците в тканях кардиоваскулярной системы.

Результаты анализа корреляционной зависимости между концентрацией селена в тканях сердца и волосах детей с ВПС и НРС отражены в Табл. 4.

Согласно данным Табл. 4, установлено наличие прямой сильной корреляционной зависимости между концентрацией эссенциального микроэлемента селена в локусе мальформации и в неизменной области сердца ($r = + 0,703$), в локусе мальформации и в волосах ($r = + 0,816$), прямой средней корреляционной зависимости между концентрацией селена в неизменной области сердца и в волосах ($r = + 0,537$). Полученные результаты подтверждают возможность использования волос как биосубстрата, который объективно отражает содержание селена в тканях сердца.

В Табл. 5 приведены результаты анализа корреляционной зависимости между концентрацией хрома в тканях сердца и волосах пациентов с ВПС

Таблица 2. Корреляционная зависимость между концентрацией калия в тканях сердца и волосах детей с ВПС и НРС
Table 2. Correlation between the levels of potassium in the heart tissues and hair of children with CHD and heart rhythm disorders

Показатель / Parameter	Значение корреляционного коэффициента, r / The value of the correlation coefficient, r		
	Локус мальформации / Malformation locus	Неизменная область сердца и MC / Normal region of the heart and GA	Волосы / Hair
Локус мальформации / Malformation locus	–	+ 0,924	+ 0,871
Неизменная область сердца и сосудов / Normal region of the heart and GA	+ 0,924	–	–

Примечание: ВПС – врожденные пороки сердца, НРС – нарушение ритма сердца.
Note: CHD – congenital heart disease, GA – great arteries.

Таблица 3. Корреляционная зависимость между концентрацией марганца в тканях сердца и волосах детей с ВПС и НРС
Table 3. Correlation between the levels of manganese in the heart tissues and hair of children with CHD and heart rhythm disorders

Показатель / Parameter	Значение корреляционного коэффициента, r / The value of the correlation coefficient, r		
	Локус мальформации / Malformation locus	Неизменная область сердца и MC / Normal region of the heart and GA	Волосы / Hair
Локус мальформации / Malformation locus	–	+ 0,778	+ 0,835
Неизменная область сердца и сосудов / Normal region of the heart and GA	+ 0,778	–	+ 0,649

Примечание: ВПС – врожденные пороки сердца, НРС – нарушение ритма сердца.
Note: CHD – congenital heart disease, GA – great arteries.

Таблица 4. Корреляционная зависимость между концентрацией селена в тканях сердца и волосах детей с ВПС и НРС
Table 4. Correlation between the levels of selenium in the heart tissues and hair of children with CHD and heart rhythm disorders

Показатель / Parameter	Значение корреляционного коэффициента, r / The value of the correlation coefficient, r		
	Локус мальформации / Malformation locus	Неизменная область сердца и MC / Normal region of the heart and GA	Волосы / Hair
Локус мальформации / Malformation locus	–	+ 0,703	+ 0,816
Неизменная область сердца и сосудов / Normal region of the heart and GA	+ 0,703	–	+ 0,537

Примечание: ВПС – врожденные пороки сердца, НРС – нарушение ритма сердца.
Note: CHD – congenital heart disease, GA – great arteries.

и НРС.

Как свидетельствуют данные Табл. 5, установлено наличие прямой сильной корреляционной зависимости между концентрацией эссенциального ХЭ хрома в локусе мальформации и в неизменной области сердца ($r = + 0,729$), в локусе мальформации и в волосах ($r = + 0,712$). Это позволяет утверждать, что выявление дефицита эссенциального микроэлемента хрома в волосах может с высокой долей вероятности свидетельствовать о его дефиците в тканях сердца.

В Табл. 6 представлены результаты анализа корреляционной зависимости между концентрацией кобальта в тканях сердца и волосах пациентов с ВПС и НРС. Установлено наличие прямой средней корреляционной зависимости между концентрацией эссенциального ХЭ кобальта в локусе мальформации и в неизменной области сердца

($r = + 0,642$), в локусе мальформации и в волосах ($r = + 0,787$), что подтверждает информативность использования волос для оценки содержания кобальта в тканях сердца.

Обращало внимание, что снижение допустимого содержания кремния констатировано у всех детей с коарктацией аорты (16 пациентов). Это согласуется с данными Г.Н. Окуновой и соавт. [7], что в организме в наиболее высоких концентрациях кремний содержится в соединительной ткани, в том числе в стенках аорты. Результаты анализа корреляционной зависимости между концентрацией условно эссенциального ХЭ кремния в тканях сердца и волосах детей с ВПС и НРС отражены в Табл. 7.

Согласно данным Табл. 7, установлено наличие прямой средней корреляционной зависимости между концентрацией условно эссенциального ХЭ кремния в локусе мальформации и в неизменной

Таблица 5. Корреляционная зависимость между концентрацией хрома в тканях сердца и волосах детей с ВПС и НРС
Table 5. Correlation between the levels of chromium in the heart tissues and hair of children with CHD and heart rhythm disorders

Показатель / Parameter	Значение корреляционного коэффициента, r / The value of the correlation coefficient, r		
	Локус мальформации / Malformation locus	Неизменная область сердца и MC / Normal region of the heart and GA	Волосы / Hair
Локус мальформации / Malformation locus	–	+ 0,729	+ 0,712
Неизменная область сердца и сосудов / Normal region of the heart and GA	+ 0,729	–	–

Примечание: ВПС – врожденные пороки сердца, НРС – нарушение ритма сердца.
Note: CHD – congenital heart disease, GA – great arteries.

Таблица 6. Корреляционная зависимость между концентрацией кобальта в тканях сердца и волосах детей с ВПС и НРС
Table 6. Correlation between the levels of cobalt in the heart tissues and hair of children with CHD and heart rhythm disorders

Показатель / Parameter	Значение корреляционного коэффициента, r / The value of the correlation coefficient, r		
	Локус мальформации / Malformation locus	Неизменная область сердца и MC / Normal region of the heart and GA	Волосы / Hair
Локус мальформации / Malformation locus	–	+ 0,642	+ 0,787
Неизменная область сердца и сосудов / Normal region of the heart and GA	+ 0,642	–	–

Примечание: ВПС – врожденные пороки сердца, НРС – нарушение ритма сердца.
Note: CHD – congenital heart disease, GA – great arteries.

Таблица 7. Корреляционная зависимость между концентрацией кремния в тканях сердца и волосах детей с ВПС и НРС
Table 7. Correlation between the levels of silicon in the heart tissues and hair of children with CHD and heart rhythm disorders

Показатель / Parameter	Значение корреляционного коэффициента, r / The value of the correlation coefficient, r		
	Локус мальформации / Malformation locus	Неизменная область сердца и MC / Normal region of the heart and GA	Волосы / Hair
Локус мальформации / Malformation locus	–	+ 0,639	+ 0,742
Неизменная область сердца и сосудов / Normal region of the heart and GA	+ 0,639	–	+ 0,576

Примечание: ВПС – врожденные пороки сердца, НРС – нарушение ритма сердца.
Note: CHD – congenital heart disease, GA – great arteries.

области сердца ($r = +0,639$), прямой сильной корреляционной зависимости между концентрацией кремния в локусе мальформации и в волосах ($r = +0,742$), прямой средней корреляционной зависимости между концентрацией кремния в неизменной области сердца и в волосах ($r = +0,576$).

Клинический пример. Пациент Л., 8 лет (ИБ №8724), которая находилась в отделении детской кардиохирургии и реабилитации ИНВХ им. В.К. Гусака с 15.01.10 г. по 07.02.2010 г. по поводу коарктации аорты, суправентрикулярной экстрасистолии. Результаты спектрального многоэлементного анализа волос до оперативной коррекции ВПС представлены на Рисунке.

Как видно из Рисунка, у девочки констатирован дефицит эссенциальных макроэлементов фосфора (в 1,25 раз ниже возрастной нормы), натрия (в 1,09 раз ниже возрастной нормы), серы (в 1,05 раз ниже возрастной нормы), кальция (в 1,02 раза ниже возрастной нормы), микроэлементов хрома (в 6,5 раз ниже возрастной нормы), марганца (в 3,14 раза ниже возрастной нормы), железа (в 2,68 раз ниже возрастной нормы), селена (в 1,43 раза ниже возрастной нормы), меди (в 1,21 раз ниже возрастной нормы), кобальта (в 1,05 раз ниже возрастной нормы), условно эссенциального микроэлемента кремния (в 1,59 раз ниже возрастной нормы). При спектральном анализе иссеченного интраоперационного биоптата стенки аорты в месте сужения определялось снижение уровня кремния в 3,4 раза, кальция – в 1,7 раза, фосфора – в 1,6 раза, меди – в 1,6 раза, кобальта – в 1,4 раза. Доказано наличие прямой сильной корреляционной зависимости между концентрацией кремния в локусе мальформации и волосах ($r = +0,782$).

Представленный клинический пример свидетельствует о наличии у ребенка с коарктацией

аорты и суправентрикулярной экстрасистолией дефицита эссенциальных макроэлементов кальция и фосфора, микроэлементов меди и кобальта, условно эссенциального микроэлемента кремния в локусе мальформации и волосах. Полученные данные дополняют результаты исследования Е. Н. Муквич и соавт. [13], доказавшей наличие прямой сильной корреляционной зависимости между концентрацией токсичных ХЭ (бария, алюминия) и потенциально токсичных ХЭ (лития, никеля, стронция, мышьяка) в тканях сердца и волосах ($r = +0,75$).

Таким образом, проведенный спектральный многоэлементный анализ интраоперационных биоптатов тканей сердца и магистральных сосудов позволил установить, что у детей с ВПС и НРС в локусе мальформации средняя концентрация 15 эссенциальных ХЭ (кальций, калий, магний, натрий, фосфор, сера, хром, медь, железо, йод, кобальт, марганец, молибден, селен, цинк) и 3 условно эссенциальных ХЭ (бор, кремний, ванадий) была ниже, чем в неизменной области сердца. Полученные результаты могут свидетельствовать о возможном влиянии дефицита указанных эссенциальных и условно эссенциальных ХЭ на формирование врожденного порока сердца у обследованных детей, что согласуется с результатами исследования J. W. Barrington et al. [14]. Статистически значимые отличия получены для калия, марганца, селена, хрома, фосфора, кобальта, натрия, молибдена, кремния, непосредственно принимающих участие в возникновении и проведении потенциала действия [15], что может указывать на возможную роль этих ХЭ в этиопатогенезе нарушений ритма сердца у обследованных детей.

Наряду с выявленными особенностями содержания эссенциальных и условно эссенциальных ХЭ в тканях сердца и магистральных сосудов детей



Рисунок. Результаты спектрального многоэлементного анализа волос Пациентки Л., 8 лет. Коарктация аорты. Суправентрикулярная экстрасистолия.

Figure. Results of spectral multi-element analysis of hair obtained from Patient L., 8 years. Coarctation of the aorta. Supraventricular extrasystole.

с ВПС и НРС, представлял интерес поиск неинвазивного и одновременно объективного биосубстрата, который бы достоверно отражал содержание ХЭ в тканях сердечно-сосудистой системы. Полученные доказательства наличия прямой сильной корреляционной зависимости между концентрацией эссенциальных и условно эссенциальных ХЭ в тканях сердечно-сосудистой системы и в волосах подтверждают возможность использования волос как биосубстрата, который объективно отражает содержание данных ХЭ в тканях сердца и сосудов. Это имеет важное значение для практического здравоохранения, поскольку волосы являются легкодоступным биологическим материалом, сбор их прост, безболезнен, не инвазивен (особенно важно по отношению к детям), они могут длительно храниться и пригодны для массовых скрининговых обследований [16]. Полученные результаты могут быть использованы при разработке комплексных мероприятий для определения тактики ведения пациентов с ВПС [17].

Выводы. По результатам спектрального многоэлементного анализа интраоперационных биоптатов тканей сердца и магистральных сосудов установлено, что у детей с ВПС и НРС средняя концен-

трация калия, марганца, селена, хрома, фосфора, кобальта, натрия, молибдена, кремния в локусе мальформации статистически значимо ниже, чем в неизменной области сердца. Учитывая участие этих ХЭ в возникновении и проведении потенциала действия, можно предположить их роль в этиопатогенезе нарушений ритма сердца у обследованных детей. Результаты проведенного корреляционного анализа доказали, что концентрация эссенциальных и условно эссенциальных ХЭ в волосах объективно отражает их содержание в тканях сердца и магистральных сосудов, что подтверждает информативность использования волос в практической медицине в качестве биосубстрата, отражающего химический состав организма человека.

Конфликт интересов

А.В. Дубовая заявляет об отсутствии конфликта интересов. Г.Э. Сухарева заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Авторы заявляют об отсутствии финансирования исследования.

Информация об авторах

Дубовая Анна Валериевна, кандидат медицинских наук, доцент Донецкого национального медицинского университета им. М. Горького, Донецк.

Сухарева Галина Эриковна, доктор медицинских наук, профессор Медицинской академии имени С.И. Георгиевского ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Российская Федерация.

Information about authors

Dubovaya Anna V., PhD, Associate Professor, M. Gorky Donetsk National Medical University, Donetsk.

Sukhareva Galina E., PhD, Professor, S.I. Georgievsky Medical Academy of Vernadsky CFU, Simferopol, Republic of Crimea, Russian Federation.

Вклад авторов в статью

ДАВ – отбор и формирование группы наблюдения, клиническое обследование пациентов с оценкой результатов, оценка данных спектрального многоэлементного анализа волос и интраоперационных биоптатов, статистическая обработка полученных данных, написание статьи.

СТЭ – постановка цели, задач, определение программы работы, обсуждение клинического примера, написание статьи.

Authors contribution

DAV – selection and formation of the study group, clinical examination of patients with the interpretation of the obtained results, interpretation of the findings of the spectral multielement analysis of hair and the intraoperative biopsy specimens, statistical processing of the obtained data, manuscript writing.

SGE – formulation of the goal and objectives of the study, planning the research work, discussion of the clinical case, manuscript writing.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романова Т.А., Чернявская Е.К., Гурова М.М., Рубанова Л.Е. Анализ заболеваемости системы кровообращения у детей Белгородской области за период с 2013 по 2015 годы. Актуальные вопросы теоретической и практической медицины: сборник научных трудов. 2016: 203-207.
2. Нагорная Н.В., Пшеничная Е.В., Бордюгова Е.В., Конопко Н.Н., Дубовая А.В., Четверик Н.А. и др. Анализ регистра жизнеугрожаемых заболеваний сердечно-сосудистой системы у детей Донецкой области. Вестник аритмологии. Приложение А. 2012: 95.
3. Мутафьян О.А. Неотложная кардиология детского и подросткового возраста. СПб. 2013.
4. Артюхов И.П., Галактионова М.Ю. Клинико-социальные аспекты нарушений ритма и проводимости сердца у детей. Российский педиатрический журнал. 2010; 2: 20-24.
5. Кораблева Н.Н., Макаров Л.М. Результаты суточного мониторирования ЭКГ и реопневмограммы у младенцев, перенесших очевидное жизнеугрожающее событие. Педиатрия. 2015; 1: 39-44.
6. Цыганкова Е.Р., Чупрова С.Н., Володькина В.В. Нарушения сердечного ритма у детей с патологией слуха. Вестник оториноларингологии. 2016; 81 (6): 32-36. doi: 10.17116/otorino201681632-36
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: 13-17.

8. Решетняк О.А. Корреляционные связи между содержанием кадмия, калия и кальция в организме и показателями сердечно-сосудистой системы спортсменов. Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. 2013; 10: 68-72.

9. Alissa E.M., Ferns G.A. Heavy metal poisoning and cardiovascular disease. J. Toxicol. 2011; Article ID 870125. doi: 10.1155/2011/870125.

10. Tellez-Plaza M., Jones M.R., Dominguez-Lucas A., Guallar E., Navas-Acien A. Cadmium exposure and clinical cardiovascular disease: a systematic review. Curr. Atheroscler. Rep. 2013; 15: 356. doi: 10.1007/s11883-013-0356-2.

11. Дубовая А.В. Эссенциальные и условно эссенциальные биоэлементы у детей с нарушениями ритма сердца. Забайкальский медицинский вестник. 2017; 1: 35-43.

12. Скальная М.Г., Дубовой Р.М., Скальный А.В. Химические элементы-микронутриенты как резерв

восстановления здоровья жителей России. Оренбург. 2004.

13. Муквич Е.Н., Коваль А.П., Дубовая А.В. Зависимость между содержанием токсичных металлов в тканях сердечно-сосудистой системы и других биосубстратах детей с сердечно-сосудистыми мальформациями. Перинатология и педиатрия. 2015; 1 (61): 50-53.

14. Barrington J.W., Lindsay P., James D., Smith S., Roberts A. Selenium deficiency and miscarriage: a possible link. Br. J. Obstet Gynaecol. 1996; 103: 130 – 132.

15. Дошицин В.Л. Руководство по практической электрокардиографии. М.: МЕДпресс. 2015.

16. Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человек. Москва. 2004.

17. Игишева Л.Н., Цой Е.Г., Куренкова О.В., Артамонова Г.В. Современная организация медицинской помощи новорожденным с критическими врожденными пороками сердца на дооперационном этапе. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2013; (4): 56-61. DOI:10.17802/2306-1278-2013-4-56-61

REFERENCES

1. Romanova T.A., Chernyavskaya E.K., Gurova M.M., Rubanova L.E. Analiz zaboлеваemosti sistemy krovoobrashcheniya u detey Belgorodskoy oblasti za period s 2013 po 2015 gody. Aktual'nye voprosy teoreticheskoy i prakticheskoy meditsiny: sbornik nauchnykh trudov. 2016: 203-207. (in Russian)

2. Nagornaya N.V., Pshenichnaya E.V., Bordyugova E.V., Konopko N.N., Dubovaya A.V., Chetverik N.A. et al. Analiz registra zhizneugrozhayemykh zabolevaniy serdечно-sosudistoy sistemy u detey Donetskoy oblasti. Vestnik aritmologii. Prilozhenie A. 2012: 95. (in Russian)

3. Mutaf'yan O.A. Neotlozhnaya kardiologiya detskogo i podrostkovogo vozrasta. Sankt-Peterburg; 2013. (in Russian)

4. Artyukhov I.P., Galaktionova M.Yu. Kliniko-sotsial'nye aspekty narusheniy ritma i provodimosti serdtsa u detey. Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal. 2010; 2: 20-24. (in Russian)

5. Korableva N.N., Makarov L.M. Rezul'taty sutochnogo monitorirovaniya EKG i reopnevмограммы u mladentsev, pereneshikh ochevidnoe zhizneugrozhayushchee sobytie. Pediatriya. 2015; 1: 39-44. (In Russian)

6. Tsygankova E.R., Chuprova S.N., Volod'kina V.V. Cardiac rhythm disturbances in the children with hearing pathology. Vestn. Otorinolaringol. 2016; 81 (6): 32-36. (in Russian) doi: 10.17116/otorino201681632-36

7. Okuneva G.N., Kliver E.E., Karas'kov A.M. Khimicheskie elementy i strukturno-molekulyarnye osobennosti kardiomiotsitov u patsientov rannego vozrasta s transpozitsiyey magistral'nykh arteriy. Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya. 2012; 3: 13-17. (in Russian)

8. Reshetnyak O.A. Korrelyatsionnye svyazi mezhdru sodержaniem kadmiya, kaliya i kal'tsiya v organizme i pokazatelyami serdечно-sosudistoy sistemy sportmenov.

Pedagogika, psikhologiya i mediko-biologicheskie problemy fizicheskogo vospitaniya i sporta. 2013; 10: 68-72. (in Russian)

9. Alissa E.M., Ferns G.A. Heavy metal poisoning and cardiovascular disease. J. Toxicol. 2011; Article ID 870125. doi: 10.1155/2011/870125.

10. Tellez-Plaza M., Jones M.R., Dominguez-Lucas A., Guallar E., Navas-Acien A. Cadmium exposure and clinical cardiovascular disease: a systematic review. Curr. Atheroscler. Rep. 2013; 15: 356. doi: 10.1007/s11883-013-0356-2.

11. Dubovaya A.V. Essentsial'nye i uslovno essentsial'nye bioelementy u detey s narusheniyami ritma serdtsa. Zabaykal'skiy meditsinskiy vestnik. 2017; 1: 35-43. (in Russian)

12. Skal'naja M.G., Dubovoj R.M., Skal'nyj A.V. Himicheskie jelementy-mikronutrienty kak rezerv vosstanovleniya zdorov'ja zhitelej Rossii. Оренбург. 2004. (in Russian)

13. Mukvich E.N., Koval' A.P., Dubovaya A.V. Zavisimost' mezhdru sodержaniem toksichnykh metallov v tkanyakh serdечно-sosudistoy sistemy i drugikh biosubstratakh detey s kardiovaskulyarnymi mal'formatsiyami. Perinatologiya i pediatriya. 2015; 1 (61): 50-53. (in Russian)

14. Barrington J.W., Lindsay P., James D., Smith S., Roberts A. Selenium deficiency and miscarriage: a possible link. Br. J. Obstet Gynaecol. 1996; 103: 130 – 132.

15. Doshchitsin V.L. Rukovodstvo po prakticheskoy elektrokardiografii. Moscow. 2015. (in Russian)

16. Skal'nyy A.V. Khimicheskie elementy v fiziologii i ekologii cheloveka. Moscow. 2004. (In Russian)

17. Igisheva L.N., Tsoi E.G., Kurenkova O.V., Artamonova G.V. The modern organization of medical care by the newborn with critical congenital heart diseases at the presurgical stage. Complex Issues of Cardiovascular Diseases. 2013; (4): 56-61. (in Russian) doi:10.17802/2306-1278-2013-4-56-61

Для цитирования: А.В. Дубовая, Г.Э. Сухарева. Содержание эссенциальных и условно эссенциальных химических элементов в интраоперационных биоптатах детей с врожденными пороками сердца и аритмией. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2018; 7 (2): 112-120. DOI: 10.17802/2306-1278-2018-7-2-112-120

To cite: A.V. Dubovaya, G.E. Sukhareva. Levels of essential and conditionally essential nutrients in the intraoperative biopsy specimens of children with congenital heart disease and heart rhythm disorders. Complex Issues of Cardiovascular Diseases. 2018; 7 (2): 112-120. DOI: 10.17802/2306-1278-2018-7-2-112-120