

Особенности функционального состояния сердечно-сосудистой системы городских подростков и элементный баланс организма

А.Е. Слюсаренко

Государственное учреждение «Крымский государственный медицинский университет имени С.И. Георгиевского», г. Симферополь, Украина

Цель работы — установить особенности функционального состояния сердечно-сосудистой системы (ССС) городских подростков 13–14 лет в связи с состоянием элементного баланса организма.

Пациенты и методы. Обследовано 30 городских подростков (13–14 лет). Содержание химических элементов в волосах определяли рентген-флуоресцентным методом в научно-техническом центре ВИРИА (г. Киев). Характер распределения содержания элементов в организме проверяли по критериям Колмогорова-Смирнова и Лиллифорс. В случае нормального распределения уровня элемента оценивали средние значения (M) и среднеквадратическое отклонение (SD). В случае распределения, отличающегося от нормального, — медиану (Me) и интерквартильный размах (25%, 75%). Для оценки зависимости состояния ССС от элементного баланса в организме применяли непараметрический корреляционный анализ по Спирмену.

Результаты. Установлен дефицит кальция, железа и марганца, в то время как концентрации остальных химических элементов находились в пределах референтных значений.

Выводы. По количеству корреляционных связей наиболее выраженным кардиотропным действием обладали железо и свинец, величина коэффициента корреляции колебалась от слабой до сильной ($0,37 < r < 0,59$; $p < 0,05$).

Ключевые слова: подростки, сердечно-сосудистая система, химические элементы, волосы.

Введение

Среди экологически обусловленных заболеваний особое место занимают заболевания сердечно-сосудистой системы (ССС) как следствие негативного влияния химических факторов урбанизированной среды на организм детей и подростков [1, 2, 4]. Для такой среды проживания характерен разнообразный спектр химических загрязнителей, среди которых особое место занимают токсические элементы (свинец (Pb), кадмий (Cd), мышьяк (As) и др.). В то же время достаточно распространенной проблемой среди современных городских подростков являются часто выявляемые гипозлементозы эссенциальных элементов (кальций (Ca), железо (Fe), цинк (Z), медь (Cu), марганец (Mn) и др.) [3].

В настоящее время известна роль в патогенезе заболеваний ССС таких микроэлементов (МЭ), как кобальт (Co), хром (Cr), Cu, Z, Fe, никель (Ni), Cd и Pb [7], но остается достаточно актуальным исследование роли элементного баланса или дисбаланса организма детей и подростков в изучении механизмов развития кардиологических и сосудистых заболеваний.

Цель работы — установить особенности функционального состояния ССС городских подростков 13–14 лет в связи с состоянием элементного баланса организма. Спектр исследуемых элементов включал в себя Ca, Fe, Mn, Co, Ni, молибден (Mo), стронций (Sr) и Pb.

Материалы и методы исследования

Проведено обследование 30 практически здоровых подростков обоего пола 13–14 лет, проживающих в городских условиях (г. Симферополь, Украина). Функциональное состояние ССС оценивали с помощью компьютерной реографии (реоанализатор РА5-01) в состоянии физиологического покоя, после физической нагрузки (проба Руфье-Диксона) и после пятиминутного восстановительного периода. Систолическое артериальное давление (САД, мм.рт.ст.) и диастолическое артериальное давление (ДАД, мм.рт.ст.) измеряли методом Короткова до регистрации реограммы с последующим расчетом среднего артериального давления (СрАД, мм.рт.ст.) Регистрировали частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), ударный объем сердца (УО, мл), минутный объем крови (МОК, л/мин), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС, дин с/см²), сердечный индекс (СИ, л/мин/м²), ударный индекс (УИ, мл/м²). Содержание химических элементов в волосах определяли рентген-флуоресцентным методом в научно-техническом центре ВИРИА (г. Киев). Биомониторинговое исследование выполняли согласно существующим этическим нормам при обследовании детей и подростков.

Характер распределения содержания элементов в организме проверяли по критериям Колмогорова—Смирнова и Лиллифорс. В случае нормального распределения

Таблица 1

Содержание химических элементов в пробах волос подростков в возрасте 13–14 лет (n=30)

Химический элемент	Me (25–75%)	Референтные значения
Ca	195,7 (145,9; 470,9)	300,0–700,0
Fe	8,2 (6,4; 12,8)	15,0–35,0
Mn	0,4 (0,01; 0,8)	0,5–2,0
Co	0,2 (0,2; 0,7)	0,0–2,0
Ni	0,3 (0,6; 0,5)	0,0–3,5
Mo	0 (0; 0,3)	0,0–3,0
Sr	0,8 (0,54; 2,63)	0,0–3,0
Pb	0,6 (0,3; 1,0)	0,0–5,0

Примечание: полужирным курсивом выделены концентрации элементов, выходящие за границы референтных значений.

Значения медиан и интерквартильного размаха (25%, 75%) показателей гемодинамики подростков 13–14 лет в различных функциональных пробах (n=30)

Показатель	Покой	Физическая нагрузка	Восстановительный период
САД	100 (90; 110)	120 (110; 125)	97,5 (90; 100)
ДАД	60 (60; 60)	60 (55; 65)	60 (55; 60)
СрАД	71,9 (70; 76)	79,6 (74,7; 83,3)	72,5 (70; 73)
ЧСС	82,5 (74,3; 92,6)	98,5 (88,2; 115)	89,2 (76,7; 98)

уровня элемента оценивали средние значения (M) и среднеквадратическое отклонение (SD). В случае распределения, отличающегося от нормального, — медиану (Me) и интерквартильный размах (25%, 75%). Для оценки зависимости состояния ССС от элементного баланса в организме применяли непараметрический корреляционный анализ по Спирмену. Статистический анализ данных проводили при помощи программы Statistica 6.0 (Stat-Soft, 2001). Достоверными считали корреляционные взаимосвязи на уровне ($p < 0,05$).

Результаты исследования и их обсуждение

Проверка характера распределения химических элементов в волосах подростков по критерию Колмогорова—Смирнова и Лиллифорс показала, что не подчинялось закону нормального распределения содержание Fe, Mo, Sr и Pb, а содержание Ca, Mn, Co, Ni приближалось к нормальному. Так как состояние элементного баланса по содержанию 12 элементов у этой группы подростков подробно было описано ранее [12], мы остановимся на характеристике только значений медиан и интерквартильного размаха 8 элементов, приведенных в таблице 1.

Концентрации эссенциальных Ca, Fe и Mn находились ниже минимальной границы референтного значения, что означает их дефицитное содержание у большинства обследуемых подростков в группе. Концентрации эссенциального Co находилась в пределах условной нормы. Медиана и 25 перцентиль эссенциального Mo были равны нулю, а содержание условно-токсичного Ni и токсичного Pb даже в единичных случаях было в пределах референтных значений. Так как содержание химических элементов в волосах отражает элементный статус организма в целом [9], оценка концентраций 8 химических элементов в волосах обследуемых подростков 13–14 лет позволила установить дефицит эссенциальных Ca, Fe, Mn в организме при нормальном содержании Co, Ni, Mo, Sr, Pb.

Проведение функциональных проб при регистрации реограммы: покой, нагрузка и 5-минутный восстановительный период показало некоторые отличия в реагирова-

нии показателей гемодинамики и ЧСС на разные пробы подростков (табл. 2).

Исходные данные параметров гемодинамики у подростков соответствовали возрастной норме [11]. Несмотря на то, что по критерию Манна—Уитни мы не установили отличий в динамике гемодинамических параметров и ЧСС в 3 функциональных состояниях, обращает на себя внимание отсутствие реакции со стороны ДАД на нагрузку и в восстановительном периоде.

Физиологическая значимость Ca, Fe, Mn, Co, Ni, Mo, Sr, Pb для функционального состояния ССС подростков была оценена по результатам корреляционного анализа между гемодинамическими показателями в разных функциональных пробах и концентрацией элементов в волосах. Сравнительная оценка кардиотропности элементов по числу выявленных достоверных корреляционных связей показала следующее их распределение: $Fe(4) \geq Co, Pb(3) \geq Mn(1)$. Обнаружены статистически значимые ($0,01 < p < 0,0008$) корреляционные зависимости, причем средней и высокой плотности ($0,55 < r < 0,79$). Не установлено корреляций гемодинамических показателей с содержанием Ca, Ni, Sr и Mo в волосах обследуемых (рис. 1).

Интересно отметить, что большинство из этих 8 элементов имели достоверные корреляции с иммунологическими показателями, что описано нами в предыдущей работе [10].

Судить о значимости и характере влияния элемента на состояние показателей гемодинамики и работу сердечной мышцы, которые оценивали в различных функциональных пробах (покой, нагрузка и период восстановления), можно как по числу взаимосвязей, так и по их направленности.

Во всех трех пробах мы установили примерно равное количество корреляционных связей (рис. 1). При этом характеристики артериального давления (АД) в основном показали взаимосвязь с содержанием Fe и Pb (САД, ДАД, СрАД), а Co — преимущественно с показателем работы сердечной мышцы — ЧСС.

Характер выявленных связей показал, что чем ниже содержание Fe (при установленном дефиците), тем меньше величина САД и СДД в покое и ДАД при физической нагрузке и в восстановительном периоде, и напротив, выше СИ. Известно, что вход Ca в кардиомиоциты (и, по-видимому, в гладкомышечные волокна сосудов) происходит при непосредственном участии ряда элементов, в том числе Fe, и отклонение его содержания от нормы может стать причиной формирования диастолической дисфункции левого желудочка [14] и, по всей видимости, сосудистого тонуса. При этом увеличение его содержания сопровождается уменьшением сократительной способности миокарда [15], в пользу чего может свидетельствовать и характер выявленной нами обратной зависимости между СИ и уровнем Fe. В целом, характер эффектов Fe, вероятно, может существенно отличаться в зависимости от уровня его содержания в организме, однако установленные эффекты его влияния на кардиогемодинамические характеристики согласуются с описанными в литературе.

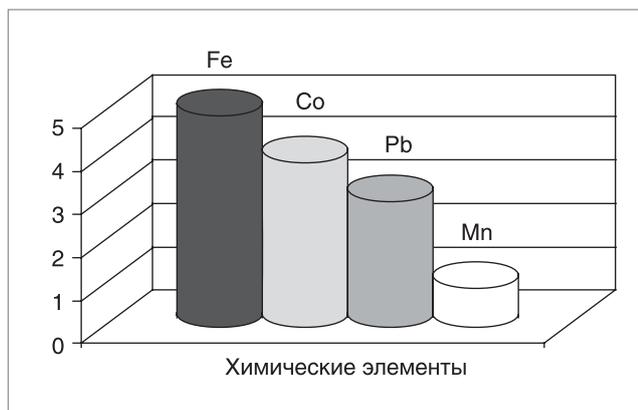


Рис. 1. Количество корреляционных связей между гемодинамическими показателями и химическими элементами

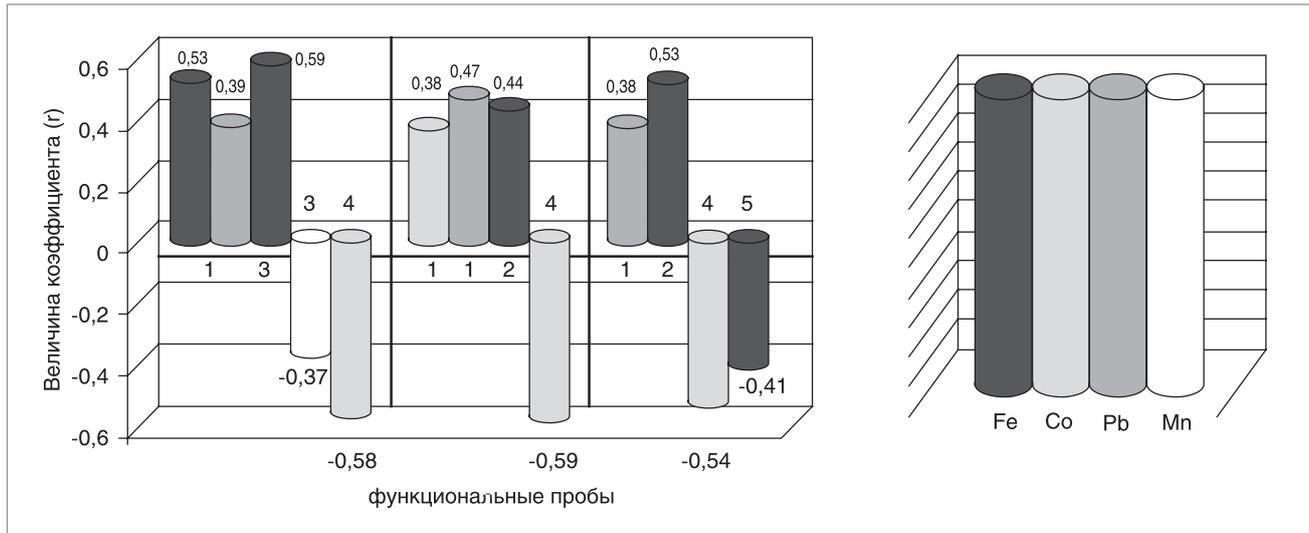


Рис. 2. Корреляционные связи между гемодинамическими показателями подростков и содержанием химических элементов
Примечания: функциональные пробы А. – покой; В. – нагрузка; С. – 5-минутный восстановительный период;
 1 – САД; 2 – ДАД; 3 – СрАД; 4 – ЧСС; 5 – СИ.

Известный своим кардиотоксичным влиянием Рb показал прямые корреляционные связи только с величиной САД в каждой из функциональных проб (рис. 2). Это может означать, что у подростков с более высокими концентрациями этого поллютанта в организме значения САД значительно выше. Последнее хорошо согласуется с имеющимися литературными данными, в которых описано, что повышение АД связано с кумулятивной малодозовой экспозицией свинца [13, 16]. Стоит подчеркнуть, что в нашем исследовании содержание Рb в организме не было превышенным ни у одного из подростков.

Как и для Fe, для Co были обнаружены корреляционные связи во всех трех функциональных пробах регистрации реограммы. Обратные взаимосвязи величин ЧСС с концентрацией Co могли бы свидетельствовать об «отрицательном» хронотропном эффекте в случае избытка его содержания. Однако нами не обнаружены случаи гиперэлементоза Co, даже в единичных случаях. В литературе есть сведения, что проявлениями дефицита этого МЭ являются вегетососудистая дистония и аритмия [9]. Возможно, что у подростков с более низкими, даже в границах нормы, концентрациями Co может наблюдаться тенденция к увеличению ЧСС, причем в любом из функциональных состояний, особенно в восстановительном периоде (табл. 2).

В целом, это согласуется с описанным в настоящей работе эффектом влияния дефицита Fe на состояние гемодинамики испытуемых. Как известно, при снижении АД достаточно частой компенсаторной реакцией на нагрузку является тахикардия, а также увеличение времени восстановительного периода для ЧСС после нагрузки [11].

Элементом, который обнаружил только одну корреляционную связь обратного характера с величиной СрАД в состоянии покоя, был эссенциальный Mn. В литературе описан механизм действия хлорида Mn на клетки проводящей системы сердца крыс в эксперименте, который опосредован его влиянием на обмен катехоламинов. При этом избыток Mn приводит к увеличению ЧСС, появлению признаков замедления проведения возбуждения и ухуд-

шения сократительной способности миокарда (замедление времени диастолы) [8]. Сведений о влиянии на состояние гемодинамики этого МЭ при его дефиците в организме человека недостаточно. При этом физиологическая роль Mn для нормального функционирования ССС продолжает изучаться [5]. Как показано нами ранее [12], среди данной группы подростков его дефицит был значительным и составил 66,6%.

Подводя итог вышесказанному, можно заключить, что при установленном характере элементного баланса городских подростков 13–14 лет: гипoeлементоз основных (Ca, Fe, Mn), нормальное содержание эссенциальных (Co, Mo) и токсичных (Sr, Ni, Pb) элементов обнаружена значимая кардиотропная роль Fe, Co и Pb, а также умеренная, но достоверная роль Mn для функционального состояния ССС.

Выводы

1. Оценка состояния элементного баланса по содержанию 8 химических элементов в стабильной биоткани (волосы) позволила установить гипoeлементоз в организме городских подростков эссенциальных Ca, Fe и Mn.
2. По количеству корреляционных связей в трех функциональных пробах регистрации реограммы более значимыми для функционального состояния ССС подростков оказались дефицитные концентрации Fe, нормальные Co и Pb.
3. С помощью корреляционного анализа мы установили, что эндогенные концентрации эссенциального Fe и токсичного Pb были более значимыми для гемодинамических параметров (САД, ДАД, СрАД) подростков.
4. Наиболее чувствительной к состоянию элементного баланса оказалась регистрация гемодинамических показателей в покое (5 связей), во время нагрузки и в восстановительный период было обнаружено равное количество связей (4).
5. Наиболее реактивным параметром гемодинамики к содержанию элементов в организме во всех функциональных пробах было САД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние эколого-геохимической среды обитания на сердечно-сосудистую заболеваемость жителей Дагестана / Д.А. Омарова, А.Ш. Хасаев, А.А. Ахлакова [и др.] / Кардио-васкулярная терапия и профилактика. — 2005. — Т. 4, № 22. — С. 243—244.
2. Гичев Ю.П. Современные проблемы экологической медицины / Ю.П. Гичев. — Новосибирск: СО РАМН, 1996. — 174 с.
3. Евстафьева Е.В. Элементный дисбаланс и функциональное состояние систем детского организма в условиях городской среды / Е.В. Евстафьева // Науч. труды III съезда физиологов СНГ. — Ялта, 2011. — С. 277.
4. Зербино Д.Д. Содержание ряда химических элементов в волосах больных, перенесших инфаркт миокарда, и здоровых людей / Д.Д. Зербино, Т.Н. Соломенчук // Медицина труда и промышленная экология. — 2007. — № 2. — С. 17—21.
5. Насолодин В.В. Обеспеченность марганцем тренированных и нетренированных школьников и студентов в разное время года / В.В. Насолодин, И.П. Гладких // Гигиена и санитария. — 2007. — № 1. — С. 59—61.
6. Новикова Е.И. Возрастное развитие функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы подростков / Е.И. Новикова // Электронный научно-образовательный журнал ВГПУ «Грани познания». — 2011. — № 3 (13). — www.grani.
7. Особенности содержания макро- и микроэлементов при заболеваниях сердечно-сосудистой системы / Н.В. Нагорная, А.В. Дубовая, Е.В. Бордюгова, А.П. Коваль // Здоровье ребенка. — 2012. — № 4 (39). — С. 129—135.
8. Очерки возрастной токсикологии / под ред. И.М. Трахтенберга. — К.: Авиценна, 2006. — 316 с.
9. Скальный А.В. Биоэлементы в медицине / А.В. Скальный, И.А. Рудаков. — М.: ОНИКС 21 век. Мир, 2004. — 272 с.
10. Слюсаренко А.Е. Иммуотропная роль микроэлементов в организме детей 12—13 лет по данным натуральных исследований / А.Е. Слюсаренко // Перспективы медицины та біології. — 2011. — Т. II, № 1 (додаток). — С. 94—98.
11. Смирнов И.В. Функциональная диагностика. ЭКГ, реография, спирография / И.В. Смирнов, А.М. Старшов. — М.: Эксмо, 2008. — 224 с.
12. Элементный профиль волос детей 13—14 лет — жителей регионов Украины с различной антропогенной нагрузкой / О.А. Залата, Е.В. Евстафьева, А.Е. Слюсаренко // Перинатология и педиатрия — 2011. — № 3. — С. 57—61.
13. Bone lead and blood lead levels in relation to baseline blood pressure and the prospective development of HTN: the Normative Aging Study / Y. Cheng, J. Schwartz, D. Sparrow, Aro A. [et al.] // Am. J. Epidemiol. — 2001. — Vol. 153. — P. 164—171.
14. Erickson J.R. A dynamic pathway for calcium-independent activation of CaMKII by methionine oxidation / M.L. Joiner, X. Guan, W. Kutschke // Cell. — 2008. — Vol. 133, № 3. — P. 462—474.
15. Sura P. Cadmium toxicity related to cysteine metabolism and glutathione levels in frog *Rana ridibunda* tissues / P. Sura, N. Ristic, P. Bronowicka // Comp. Biochem. Physiol. Toxicol. Pharmacol. — 2006. — Vol. 142, № 1—2. — P. 128—135.
16. Vaziri N.D. Cardiovascular effects of lead exposure / N.D. Vaziri, H.C. Gonick // Indian. J. Med. Res. — Vol. 128, Oct. 2000. — P. 426—435.

Особливості функціонального стану серцево-судинної системи підлітків і елементний баланс організму**О.Е. Слюсаренко**

Державна установа «Кримський державний медичний університет імені С.І. Георгієвського», м. Сімферополь, Україна

Мета — встановити особливості функціонального стану серцево-судинної системи (ССС) міських підлітків 13—14 років у зв'язку зі станом елементного балансу організму.**Пацієнти та методи.** Обстежено 30 міських підлітків віком 13—14 років. Стан хімічних елементів у волосі визначали рентген-флуоресцентним методом у науково-технічному центрі ВІРА (м. Київ). Характер розподілу вмісту елементів в організмі перевіряли за критеріями Колмогорова—Смірнова та Лілліфорса. У випадку нормального розподілу рівня елемента оцінювали середнє значення (М) та середньоквадратичне відхилення (SD). У випадку розподілу, який відрізняється від нормального, — медіану (Me) та інтерквартильний розмах (25%, 75%). Для оцінки залежності стану ССС від елементного балансу в організмі застосовували непараметричний кореляційний аналіз за Спірменом.**Результати.** Встановлено дефіцит кальцію, заліза і марганцю, тоді як концентрації останніх хімічних елементів знаходилися в межах референтних значень.**Висновки.** За кількістю кореляційних зв'язків найбільш виражену кардіотропну дію мали залізо і свинець, величина коефіцієнта кореляції коливалися від слабкої до міцної (0,37 < r < 0,59; p < 0,05).**Ключові слова:** підлітки, серцево-судинна система, хімічні елементи, волосся.**Features of the functional state of the cardiovascular system of the urban adolescents and elemental balance of the body****A.E. Slyusarenko**

State Institution «S.I. Georgievskyi Crimea State Medical University», Simferopol, Ukraine

Objective — to determine the features of the functional state of the cardiovascular system (CVS) of the urban adolescents in the age of 13—14 years due to the state of elemental balance of the body.**Patients and methods.** A total of 30 urban adolescents (13—14 years) are examined. The content of chemical elements in the hair was determined by X-ray fluorescence method in the VIRIA scientific and technical center (Kiev). The nature of the distribution of content elements in the body was checked by Kolmogorov-Smirnov test and Lillifors. In the case of normal distribution of element level was estimated the average value (M) and standard deviation (SD). In case of distribution which is different from normal also evaluated median (Me) and interquartile range (25 %, 75 %). For estimation of the dependence of the CVS from the element balance in the body was used Spearman's nonparametric correlation analysis.**Results.** Deficiency of calcium, iron and manganese are found, while the concentration of other chemical elements was within reference values.**Conclusions.** According to the number of correlational relationship most cardiotropic effect had iron and lead, the value of the correlation coefficient ranged from mild to severe (0,37 < r < 0,59; p < 0,05).**Key words:** adolescents, cardiovascular system, chemical elements, hair.**Сведения об авторах:****Слюсаренко Александра Евгеньевна** — к.биол.н., доц. каф. нормальной физиологии КГМУ имени С.И. Георгиевского, тел. (0652) 554-820 (кафедра); e-mail: olga_zalata@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 17.04.2013 г.