

УДК 616.1:612.017.574-053.6

**ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ
СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ И ИММУННОЙ СИСТЕМ У ПОДРОСТКОВ В
СВЯЗИ С СОДЕРЖАНИЕМ МЕДИ И ЦИНКА В ОРГАНИЗМЕ**

*Овсянникова Н.М., Репинская Е.В., Евстафьева И.А., Гружевский В.А., Московчук О.Б.,
Слюсаренко А.Е.*

Оценка неблагоприятного воздействия загрязнения окружающей среды на различные функциональные системы организма человека является актуальной задачей современных медико-биологических исследований. Среди различных экологически обусловленных заболеваний особое место занимают заболевания иммунной, сердечно-сосудистой и нервной систем, поскольку их можно рассматривать как наиболее типичные следствия негативного влияния на человека урбанизированной и техногенной среды [1].

Как правило, на урбанизированных территориях и в тех областях, где высокий удельный вес в структуре народного хозяйства составляют отрасли тяжелой промышленности, уровень заболеваний иммунной и сердечно-сосудистой систем повышен. Для этих заболеваний у населения Крыма и, в частности, у детей, в последние годы отмечаются негативные тенденции выраженного характера, поскольку детский организм, находящийся в стадии роста и развития, наиболее подвержен воздействию отрицательных факторов внешней среды [2-5].

В общем спектре загрязнителей особое место занимают тяжелые металлы. Многочисленные эколого-физиологические исследования последних лет посвящены изучению влияния токсичных металлов (Hg, Pb, Cd) на функциональные системы детей разного возраста [3-7]. Особенностью токсичных тяжелых металлов при поступлении в организм является их высокая активность по выведению из организма таких жизненно необходимых микроэлементов, как цинк и медь. Дисбаланс этих элементов может еще более усугублять негативное влияние токсичных металлов практически на все системы организма, для нормального функционирования которых эти элементы являются жизненно необходимыми [8, 9].

Ранее нами показана физиологическая значимость цинка и меди для функционального состояния ЦНС у 15-летних подростков [10]. Целью настоящего исследования явилось определение состояния сердечно-сосудистой и иммунной системы 15-летних подростков в связи с содержанием цинка и меди в организме.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Оценку функционального состояния сердечно-сосудистой системы 15-летних подростков (n=40) проводили путем регистрации показателей методом компьютерной географии. Для регистрации показателей центральной кардиогемодинамики использовали реоанализатор РА5-01. Электроды накладывали по методу тетраполярной грудной реографии по W. Kubicek et al. (1970) в модификации Ю.Т. Пушкаря (1977). В покое и после стандартной физической нагрузки (W 150), регистрировали следующие – показатели: частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин); ударный объем (УО, мл); минутный объем крови (МО, л/мин); ударный индекс (УИ, мл/м); сердечный индекс (СИ, л/мин/м); общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС, дин с/см); работу сердца (РБС, кг/м); длительность сердечного цикла (ДСЦ, с); временной показатель (ВП, с); относительный временной показатель (ОВП, %); фазу изгнания (ФИ, с); амплитуду дифференцированной реограммы (АДР, ом/с). Рассчитывали также удельный коэффициент прироста показателя по формуле:

$$\frac{X_1 - X_0}{X_0} \cdot 100 \% \quad (1)$$

где X_0 – исходное значение показателя до пробы, X_1 – его значение после проведения функциональной пробы.

Для оценки иммунологического статуса подростков определяли 28 показателей иммунной системы. CD-маркеры выявляли методом непрямой иммунофлуоресценции с использованием моноклональных антител. Определение иммуноглобулинов классов А, М, G, Е проводили иммуноферментным методом. ЦИК определяли по методу Наскова в модификации Ю.А. Гриневича и А.Н. Алферова. Все подростки проживали в городской среде, где, в сравнении с другими территориями, наблюдался более высокий уровень техногенного загрязнения и заболеваемости.

Определение содержания металлов в прикорневой части волос производили методом рентгено-флуоресцентной спектроскопии в лаборатории научно-технического центра «Вириа» г. Киев.

Анализ связи показателей сердечно-сосудистой системы с содержанием металлов в организме производили посредством непараметрического корреляционного анализа по Спирмену, а также модуля «Множественная регрессия» в статистическом пакете программ Statistica 5.5.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для анализа содержания микроэлементов в организме человека используются различные биосубстраты, в частности, в последние годы установлено большое диагностическое значение определения микроэлементов (свинца, кадмия, цинка, меди и других металлов) в волосах. Уникальным свойством волос является то, что они могут хранить данные о процессах метаболизма, в частности, минерального обмена всего организма.

Среднее содержание в волосах всех исследованных металлов находилось в пределах условной нормы, но при этом у некоторых подростков уровень меди и цинка был

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ

снижен. Поэтому для средних значений прослеживалась тенденция приближения к нижней границе нормы (табл. 1).

Таблица 1.

Содержание меди и цинка в волосах подростков

Микроэлемент	Содержание в волосах, мкг/г			
	Минимальное	Максимальное	$\bar{X} \pm S_x$	Норма
Cu	6,27	114,34	$19,41 \pm 5,08$	9-40
Zn	75,25	211,68	$143,46 \pm 8,05$	115-250

Цинк является важным компонентом многих метаболических процессов в организме человека. Дефицит цинка – достаточно распространенное явление как на территории СНГ, так и за рубежом [11,12]. Известно, что дефицит цинка влияет на характеристики Т-клеточного иммунитета, может потенцировать эффект дефицита йода в развитии эндемического зоба.

Кроме того, он может приводить к усиленному накоплению в организме кадмия, свинца, меди (функциональных антагонистов цинка). Дефицит меди влияет на кроветворение, нервную систему, соединительную ткань, суставы, кожу, а также ведет к нарушению репродуктивной функции у мужчин и женщин. Влияние дефицита меди на иммунную систему выражается в нейтропении, нарушении фагоцитарной активности и пролиферации лимфоцитов [4,9].

Проверка характера распределения цинка и меди в исследуемой группе по критерию Колмогорова-Смирнова показала, что для меди оно не носило нормальный характер, в то время как содержание цинка выявило лишь тенденцию к изменению и находилось в пределах физиологической нормы (рис. 1).

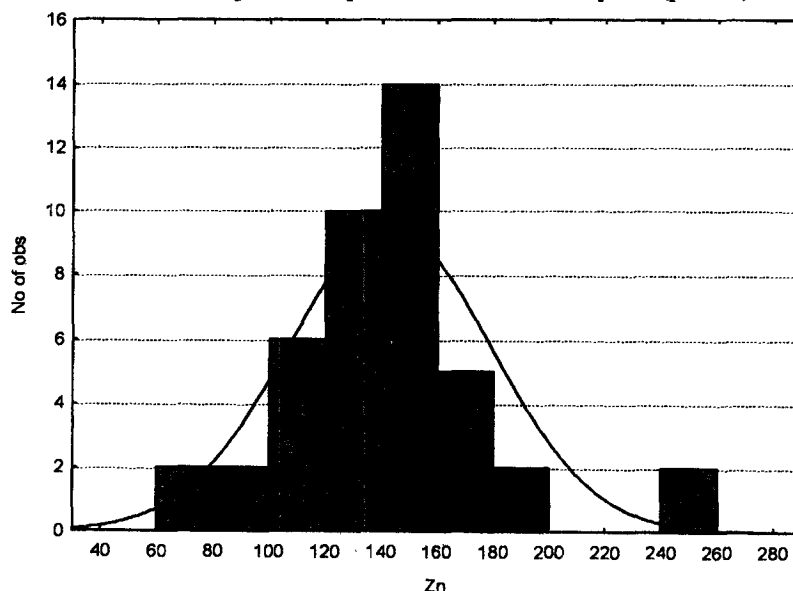


Рис. 1. Распределение содержания цинка в волосах обследуемой группы подростков.

Таким же образом был проанализирован характер распределения физиологических показателей школьников. Установлено, что для подавляющего числа показателей как сердечно-сосудистой, так и иммунной систем было характерно нормальное распределение. Таким образом, всю исследуемую группу рассматривали как однородную. Хотя в данном исследовании использовался непараметрический корреляционный анализ, нормальное распределение показателей позволило более определенно интерпретировать результаты.

На первом этапе исследования показатели сердечно-сосудистой системы подростков регистрировали в состоянии физиологического покоя. Анализ зарегистрированных показателей показал, что все они, в основном, находились в пределах физиологической нормы. Корреляционный анализ показателей сердечно-сосудистой системы и содержания металлов в организме в состоянии физиологического покоя не выявил статистически достоверных связей.

Однако, известно, что неблагоприятное действие внешних факторов на начальных этапах может вызвать компенсированное напряжение адаптации, которое не выявляется в состоянии покоя, а может быть обнаружено при функциональной нагрузке. Корреляционный анализ показателей сердечно-сосудистой системы с содержанием меди и цинка в организме после функциональной пробы обнаружил зависимость для значительного числа физиологических параметров. Представляет интерес не столько анализ абсолютных значений показателей после пробы, сколько амплитуда их изменений в результате функциональной пробы, характеризующая реактивность исследуемой системы.

Так, для меди достоверная обратная корреляционная связь выявлена со следующими показателями: сердечный индекс после нагрузки (СИ2), минутный объем после нагрузки (МО2), амплитуда изменений частоты сердечных сокращений (ЧСС2-1), амплитуда изменений сердечного индекса (СИ2-1) (табл. 2). Увеличение концентрации меди в организме приводило к снижению сердечного индекса, минутного объема крови и частоты сердечных сокращений.

Таблица 2.

Коэффициенты корреляции показателей сердечно-сосудистой системы и содержания меди в волосах после нагрузки

Показатели	Коэффициент корреляции после нагрузки (r)	Уровень значимости после нагрузки
СИ2	-0,39	0,07
МО2	-0,36	0,09
УКМО	-0,36	0,09
УКСИ	-0,39	0,07
ЧСС2-1	-0,36	0,09
СИ2-1	-0,37	0,09

Примечания: УКМО – удельный коэффициент минутного объема, УКСИ – удельный коэффициент сердечного индекса.

Наиболее информативным и объективным критерием в подобного рода исследованиях является удельный коэффициент показателя, который позволяет оценить реактивность не только по амплитуде изменения его величины в ответ на

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ

нагрузку, но и путем отношения этой амплитуды к исходной величине показателя, что дает возможность соизмерить реактивность с учетом исходной функциональной активности.

При анализе удельных коэффициентов (УК) достоверные корреляционные связи с содержанием меди в организме выявлены для двух показателей сердечно-сосудистой системы после физической нагрузки: УКМО и УКСИ (рис. 2).

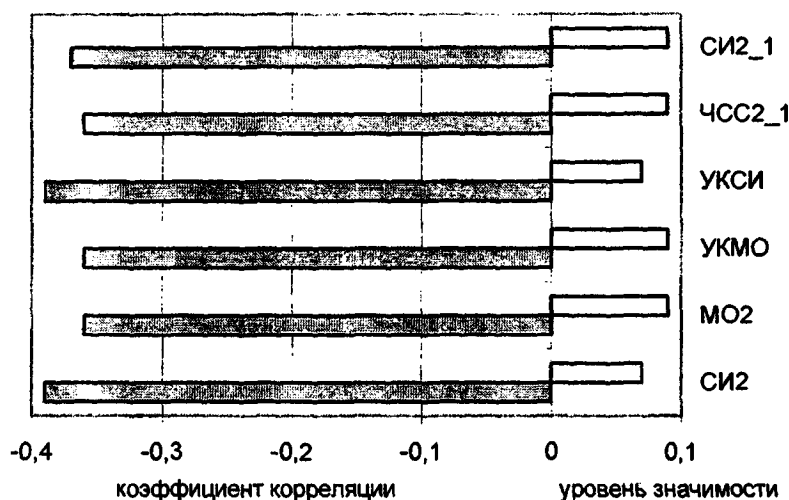


Рис. 2. Коэффициенты корреляции показателей сердечно-сосудистой системы и содержания меди в волосах после нагрузки.

Для цинка была выявлена прямая корреляционная связь с такими показателями: системное артериальное давление после физической нагрузки (САД 2), общее периферическое сопротивление сосудов после физической нагрузки (ОПСС 2), а также амплитудой изменения САД2-1 (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициенты корреляции показателей сердечно-сосудистой системы и цинка в волосах после нагрузки

Показатели	Коэффициент корреляции после нагрузки (r)	Уровень значимости после нагрузки
САД 2	0,51	0,02
ОПСС 2	0,57	0,007
УКОПСС	0,57	0,007
УКСАД	0,51	0,02
САД2-1	0,37	0,10

Примечание: САД 2 – системное артериальное давление после нагрузки, УКОПСС – удельный коэффициент общего периферического сопротивления сосудов, УКСАД – удельный коэффициент системного артериального давления, САД 2-1 – амплитуда изменений системного артериального давления.

При анализе удельных коэффициентов подтвердились достоверные прямые корреляционные связи для двух показателей: УКОПСС и УКСАД (рис. 3).

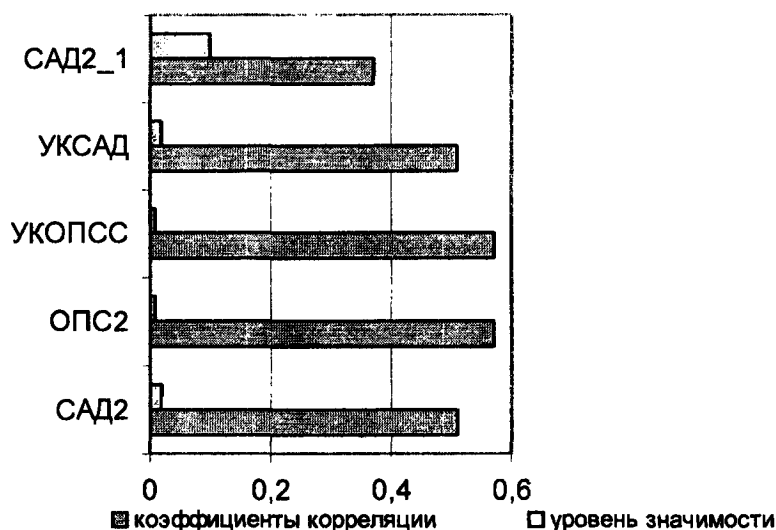


Рис. 3. Коэффициенты корреляции показателей сердечно-сосудистой системы и цинка в волосах после нагрузки.

Более высокая значимость цинка по сравнению с медью при их нормальном содержании в организме, вероятно, связана с той важной ролью, которую этот элемент играет в деятельности иммунной и сердечно-сосудистой систем, в то время как медь, являясь важным эссенциальным элементом, вероятно играет менее важную роль для этих систем, особенно когда её содержание находится в пределах нормы [13].

В проспективных исследованиях на пожилых людях показано, что цинк дозозависимо влиял на содержание в плазме ренина и альдостерона, но не изменял давление и пульс, в то время как наличие высоко достоверной корреляционной связи в настоящем исследовании с показателями гемодинамики после физической нагрузки говорит о значимости этого элемента у подростков.

Корреляционный анализ иммунных показателей 15-летних подростков с содержанием меди и цинка в волосах не выявил достоверных корреляционных связей. Возможно, это обусловлено относительно низким содержанием этих эссенциальных элементов в организме, поскольку их важное значение для иммунной системы хорошо известно [14, 15].

ВЫВОДЫ

1. Среднее содержание цинка и меди у 15-летних подростков находилось в пределах условной нормы, приближаясь к ее нижней границе.

2. Не обнаружено статистически значимой корреляции иммунных и гемодинамических показателей с концентрацией меди и цинка в волосах в состоянии физиологического покоя. Проявление физической нагрузки выявило

достоверную или приближающуюся к ней корреляцию показателей сердечной деятельности и гемодинамики с уровнем цинка и меди в волосах, более выраженную для цинка.

3. Наблюдалась определенная специфика физиологического действия металлов, которая проявлялась в преимущественном значении цинка для состояния сосудистой системы, а меди для показателей работы сердца.

Список литературы

1. Гичев Ю.П. Современные проблемы экологической медицины. – Новосибирск: СО РАМН, 1996. – 174 с.
2. Гичев Ю.П. Загрязнение окружающей среды и здоровье человека. – Новосибирск: СО РАМН, 2002. – 230 с.
3. Гнідой І.М., Діхтрирук І.І. Імунний статус у дітей у разі дії свинцю в низьких дозах // Український медичний часопис. – 2002. – № 6 (32). – С. 125 – 127.
4. Стефани Д.В., Вельтищев Ю.В. Иммунология и иммунопатология детского возраста.– М.: Медицина, 1996. – 380 с.
5. Студеникин М.Я., Ефимова А.А. Экология и здоровье детей. – М.: Медицина, 1998. – 495 с.
6. McGabe V.J., Lawrence D. The heavy metal lead exhibits B-cell stimulatory activity by enhancing B cell Ia expression and differentiation // J. Immunol. – 1990. – Т.145, №2. – P. 671 – 677.
7. Sarasua S.M., Vogt R.F., Henderson L.O., Jones P.A., Lybarger J.A. Serum immunoglobulins and lymphocyte subset distributions in children adults living in communities assessed for lead and cadmium exposure // MDLN.20290211. – 2000. – P. 1124–1126.
8. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека. – М.: Медицина, 1991. – 496 с.
9. Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине. – М.: Издательский дом «ОНИКС 21 век», 2004. – 272 с.
10. Репинская Е.В. Особенности ЭЭГ-спектра подростков в связи с содержанием меди и цинка в организме // Проблемы, достижения и перспективы развития медико-биологических наук и практического здравоохранения. Труды Крымского государственного медицинского университета. – 2004. – Ч. 3, т. 140.– С. 165-168.
11. Carol T. Health Effects and Research Priorities for the 1990-s // Environmental Health Perspectives. – 1994. – V. 102, Supplement 2. – P. 187–193.
12. Falus A., Beres J. A Trace Element Preparation Containing Zinc Increases the Production of Interleukin-6 in Human Monocytes and Glial Cells // Biological Trace Element Research. – 1996. – № 51. – P. 293–301.
13. Pettersson R. and Rasmussen F. Daily Intake of Copper from Drinking Water among Young Children in Sweden Environ // Health Perspect. – 1999. – P. 189–193.
14. Tong K.K., Hannigan B.M., McKerr G., Strain J.J. The effects of cooper deficiency on human lymphoid and myeloid cells: an in vitro model // Br. J. Nutr. – 1996 – V.75, Issue 1. – P. 97– 108.
15. Mocchegiani E., Muzzioli M., Cipriano C., Giacconi R. Zinc, T-cell pathways, aging: role of metallothioneins // Mech. Ageing Dev. – V. 106, Issue 1-2. – P. 183–204.

Поступила в редакцию 18.10.2005 г.