

УДК 616.1/9-02:614.7

## **РЕАКТИВНОСТЬ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОДЕРЖАНИЯ ТОКСИЧЕСКИХ И ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ У ФИЗИЧЕСКИ ТРЕНИРОВАННЫХ И НЕТРЕНИРОВАННЫХ СТУДЕНТОВ**

*Гливенко А.В., Решетняк О.А., Чегодарь А.Я.*

Хорошо известна взаимосвязь состояния окружающей среды, социальных и экономических условий жизни человека с показателями здоровья. Но прогрессирующее глобальное загрязнение биосферы в последние десятилетия приводит к увеличению роста болезней, в этиологии которых четко прослеживаются факторы экологического загрязнения. Достаточно широко изучается влияние поллютантов антропогенного происхождения, которые негативно действуют на организм. К таким факторам относятся и тяжелые металлы [1 – 3]. Известно, что, накапливаясь в биосубстратах, тяжелые металлы могут не только вызывать дисфункцию рабочих органов и систем, но и приводить к дефициту эссенциальных микроэлементов, находясь с ними в конкурентных отношениях. Одной из физиологических систем, которая может реагировать на нарушение равновесия между токсичными и биофильными элементами, является сердечно-сосудистая система, однако, в условиях фонового загрязнения окружающей среды это реагирование может носить компенсаторный характер [4, 5].

Ранее было показано влияние Pb и Cd на реактивность сердечно-сосудистой системы 15-летних подростков, проживающих в условиях городской среды [6, 7]. Целью настоящей работы явилось изучение физиологической значимости Pb, Cd, Ca, K и Sr для системы кровообращения в условиях фонового загрязнения городской среды при предъявлении физической нагрузки.

Выбор Ca, K и Sr в настоящем исследовании обусловлен антагонистическими отношениями Ca и Sr между собой и со Pb и Cd, а также влиянием обоих элементов на возбудимость миокарда и гладкомышечных волокон.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Проведено исследование системы кровообращения у студентов Крымского медицинского университета, проживающих и обучающихся в районе с интенсивным транспортным движением и студентов-спортсменов (футболистов) Таврического национального университета, проживающих и обучающихся в менее загрязненном районе г. Симферополя.

В исследовании приняло участие 46 юношей 17-20 лет, у которых определяли содержание тяжелых и эссенциальных элементов в волосах и физиологические параметры, характеризующие состояние сердечно-сосудистой системы.

Для регистрации показателей деятельности системы кровообращения был использован метод тетраполярной грудной компьютерной реографии в покое (п), при заданной нагрузке (н) и после 5-минутного периода восстановления (в). Нагрузка предъявлялась из расчета 2Вт на 1 кг тела длительностью 5 мин (частота вращения педалей 60 об/мин).

Регистрировали показатели центральной гемодинамики: систолическое и диастолическое артериальное давление (САД и ДАД), среднее АД (срАД), частоту сердечных сокращений (ЧСС), ударный объем (УО), минутный объем крови (МОК), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС), ударный индекс (УИ), сердечный индекс (СИ).

Металлы (свинец, кадмий, стронций, кальций, калий) определены с помощью иммуно-флюоресцентного анализа в прикорневой части волос в НТЦ «Вірія Ltd» г. Киева. Статистическую обработку данных проводили посредством непараметрического корреляционного анализа по Спирмену.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Среднее содержание изученных элементов в волосах студентов-медиков (нетренированных) не превышало допустимых норм для токсичных металлов (табл. 1). Однако в отдельных случаях максимальные значения выходили за границы условной нормы для свинца (8,8 мкг/г при норме 0-5 мкг/г). Концентрация кадмия не выходила за допустимые границы даже в единичных случаях.

В то же время средняя концентрация калия в этой группе находилась ниже допустимой границы (37,5 мкг/г), а кальция – на нижней границе нормы.

Таблица 1.

**Концентрация (мкг/г) тяжелых и эссенциальных металлов в волосах нетренированных студентов (медиков)**

Элемент	Максимальная	Минимальная	Средняя	Норма
Свинец	<b>8,88</b>	0,001	1,72±0,42	0-5
Кадмий	0,17	0,001	0,05±0,009	0-1
Кальций	<b>929,69</b>	<b>149,64</b>	302,63±34,84	300-700
Калий	<b>301,21</b>	<b>0,001</b>	<b>37,5±12,17</b>	70-170
Стронций	<b>3,22</b>	0,47	1,29±0,14	0-3

Среднее содержание определяемых металлов у спортсменов находилось в пределах условной нормы, а дефицит эссенциальных элементов был менее выражен, чем у нетренированных (табл. 2). Концентрации тяжелых металлов не превышали допустимые даже в отдельных случаях.

Таблица 2.

Концентрация (мкг/г) тяжелых и эссенциальных металлов в волосах тренированных студентов (футболистов)

Элемент	Максимальная	Минимальная	Средняя	Норма
Свинец	2,03	0,32	1,057±0,10	0-5
Кадмий	0,28	0,001	0,092±0,01	0-1
Кальций	<b>718,19</b>	<b>183,67</b>	381,22±30,96	300-700
Калий	<b>185,34</b>	<b>0,001</b>	73,06±11,64	70-170
Стронций	<b>5,25</b>	0,52	2,023±0,32	0-3

Таким образом, полученные результаты не выявили дисбаланса, но тенденция к снижению эссенциальных элементов, особенно у нетренированных, является очевидной.

Изучение данных регистрации показателей сердечно-сосудистой системы и их корреляции с содержанием биоэлементов в волосах позволило констатировать следующее (табл. 3): в состоянии физиологического покоя не обнаружена связь исследуемых показателей у нетренированных студентов с содержанием свинца и кадмия в волосах. В то время как такие показатели гемодинамики как САД, ДАД, СрАД, ЧСС с кальцием и МОК, ОПСС, УИ, СИ с калием имели статистически достоверные корреляции.

В группе спортсменов выявлена отрицательная корреляция УИ в покое и кадмия (табл. 4).

В отношении стронция не выявлено корреляций в обеих группах.

Известно, что при длительном воздействии химических факторов в низких дозах в организме развиваются компенсированные изменения (частичная или компенсированная адаптация), выявить которую можно посредством функциональных нагрузок [6, 7].

Действительно, выполнение физической нагрузки позволило обнаружить достоверную положительную связь некоторых исследуемых показателей (САД, ДАД, СрАД - у нетренированных и ОПСС – в обеих группах обследуемых) с содержанием свинца в организме, что позволяет говорить о значимости этого тяжелого металла для функционирования сосудистой системы даже в низких количествах. Эта связь носила положительный характер, то есть чем выше было содержание свинца в волосах испытуемых, тем более выраженные изменения артериального давления, диаметра сосудов и периферического сопротивления имели место вследствие физической нагрузки. Известно, что физическая нагрузка снижает симпатический тонус, что приводит к расширению сосудов и снижению ОПСС. Следовательно, и эти результаты эксперимента косвенно свидетельствуют о том, что у обследованных студентов имело место повышение симпатического тонуса, степень которого зависела от уровня свинца [6].

**Таблица 3.**  
**Данные корреляционного анализа показателей сердечно-сосудистой системы и**  
**содержания химических элементов у нетренированных студентов**

Показатели	Металлы							
	Pb		Cd		Ca		K	
	R	p	R	p	R	p	R	p
САД-п					-0,49	---		
САД-н	0,5	+++						
САД-в					-0,39	--		
ДАД-п					-0,46	---		
ДАД-н	0,46	+++						
ДАД-в							0,5	+++
СрАД-п					-0,56	---		
СрАД-н	0,5	+++						
СрАД-в			-0,39	-			0,51	+++
ЧСС-п					-0,4	--		
ЧСС-н								
ЧСС-в							0,64	+++
УО-п								
УО-н								
УО-в							0,53	+++
МОК-п							0,55	+++
МОК-н								
МОК-в							0,49	+++
ОПСС-п							-0,5	---
ОПСС-н	0,4	++						
ОПСС-в	0,38	+						
УИ-п							0,59	+++
УИ-н			0,35	+				
УИ-в							0,46	+++
СИ-п							0,53	+++
СИ-н								
СИ-в							0,41	++

*Примечание:* (+) или (-) означает наличие положительной или отрицательной корреляционной связи при уровнях достоверности (+) или (-)-92-94%, (++) или (--) - 95-98%, (+++) или (---) – 98-99,9%.

Однако, у тренированных студентов имели место отрицательные корреляции ЧСС ( $p < 0,05$ ), МОК и СИ и содержанием свинца в волосах, что может быть связано с повышенным тонусом вагуса, развивающегося в результате постоянных физических тренировок [8].

**Таблица 4.**

**Данные корреляционного анализа показателей сердечно-сосудистой системы и содержания химических элементов для тренированных студентов**

Показатели	Металлы							
	Pb		Cd		Ca		K	
	R	p	R	p	R	p	R	p
МОК-п					0,450	++		
МОК-н	-0,389	-						
ЧСС-н	-0,499	---						
ОПСС-н	0,379	+						
ОПСС-в	0,401	+					0,418	+
СИ-п					0,409	+		
СИ-н	-0,385	-						
УИ-п			- 0,554	---				

*Примечание:* (+) или (-) означает наличие положительной или отрицательной корреляционной связи при уровнях достоверности (+) или (-)-92-94%, (++) или (--) - 95-98%, (+++) или (---) – 98-99,9%.

В период восстановления были выявлены высоко достоверные корреляционные связи для калия с такими показателями, как ДАД, СрАД, ЧСС, УО, МОК, УИ, СИ (при  $p < 0,05$ ) и кальция с САД (при  $p < 0,05$ ) в группе нетренированных студентов, что подтверждает значимость этих биоэлементов для хронотропной функции сердца и тонуса сосудов.

### **ВЫВОДЫ**

1. Определение токсичных и эссенциальных металлов в организме исследуемых в условиях фоновой экспозиции выявило средние концентрации калия ниже нормы, а кальций на уровне нижней границы нормы в волосах нетренированных студентов. Средние концентрации других элементов находились в пределах физиологической нормы в обеих группах. Однако у тренированных студентов имело место превышение содержания стронция.

2. Выявлена устойчивая положительная корреляционная связь между концентрацией свинца в волосах и изменениями САД ( $r=0,50$ ), ДАД ( $r=0,46$ ), СрАД ( $r=0,50$ ) и ОПСС ( $r=0,40$ ) при физической нагрузке в группе нетренированных и отрицательная связь ЧСС ( $r= -0,49$ ), МОК, СИ – у тренированных обследуемых.

3. Обнаружена достоверная корреляционная связь основных параметров гемодинамики (САД, ДАД, СрАД, ЧСС ( $0,39 < r < 0,56$ ;  $0,05 < p < 0,064$ )) с содержанием кальция в покое; МОК, УИ, СИ, ОПС ( $0,64 < r < 0,5$ ,  $0,01 < p < 0,01$ ) в покое и ДАД, СрАД, ЧСС, УО, УИ, СИ ( $0,5 < r < 0,41$ ,  $0,07 < p < 0,1$ ) в периоде восстановления для калия в группе нетренированных. У спортсменов – МОК, СИ ( $0,45 < r < 0,4$ ,  $0,073 < p < 0,046$ ) для кальция в покое и ОПСС ( $r=0,41$ ,  $p=0,06$ ) для калия в период восстановления.

4. Реактивность сердечно-сосудистой системы для эссенциальных элементов проявляется в состоянии покоя, в то время как для токсических элементов такая значимость проявляется в основном при физической нагрузке.

#### Список литературы

1. Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. – М.: ОНИКС 21 век Мир. – 2004. – 21 с.
2. Смоляр В.И. Гипс - и гипермикрэлементозы. – Киев: Здоровье, 1989. – 150 с.
3. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека. – М.: Медицина. – 1991. – 496 с.
4. Зербіно Д.Д., Соломенчук Т.Н. Свинець: ураження судинної системи // Український медичний часопис. – 2002. – №2 (28). – С. 79-84.
5. Y. James Kang. Molecular and cellular mechanisms of cardiotoxicity // Environ Health Perspect. - 2001. – №S1 (Vol. 109). – P. 27-34.
6. Євстаф'єва І.А. Особливості функціонального стану центральної нервової та серцево-судинної систем у зв'язку зі вмістом важких металів в організмі підлітків // Автореферат на здобуття...к.б.н. – Сімферополь: ТНУ, 2003. – 24 с.
7. Евстафьева Е.В., Павленко В.Б., Евстафьева И.А., Слюсаренко А.Е., Гружевская В.Ф., Демченко В.Ф. Особенности функционального состояния сердечно-сосудистой, нервной и иммунной систем в связи с содержанием свинца и кадмия в организме // Таврический медико-биологический вестник. – 2002. – №4. – С. 106-111.
8. Амосов Н.М., Бендет Я.А. Физическая активность и сердце. – Киев: Здоровье, 1989. – 215 с.

*Поступила в редакцию 20.10.2006 г.*