

УДК 616.1/9-02:614.7

ЗАВИСИМОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ОТ УРОВНЯ ТОКСИЧНЫХ И ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ СПОРТСМЕНОВ

Решетняк О.А.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: syshko@list.ru*

Проведено функциональное обследование сердечно-сосудистой системы у 80-ти студентов, из которых 40 спортсменов и 40 студентов, не занимающихся спортом, которые были обследованы на предмет содержания кадмия, калия и кальция в организме. Выявлена физиологическая роль токсичного и эссенциальных элементов для функционального состояния сердечно-сосудистой системы спортсменов и студентов, не занимающихся спортом.

Ключевые слова: сердечно-сосудистая система, спортсмены, кадмий, калий, кальций.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие современного спорта и системы спортивной подготовки в Украине предъявляют исключительно высокие требования к организму занимающихся. В основе достижения спортивного результата и его роста лежат адаптационные процессы, происходящие в организме, а тренировочная и соревновательная деятельность является основой для их совершенствования.

Одним из условий успешной адаптации и поддержания высоких функциональных резервов спортсменов является адекватное потребностям поступление и содержание микро- и макроэлементов [1].

К числу важных для организма спортсменов элементов относят кальций (Ca^{++}) и калий (K^{+}) при недостатке или избытке которых наблюдаются расстройства функционирования мышечной ткани и изменения в деятельности сердечно-сосудистой системы. В то же время некоторые из распространенных загрязнителей окружающей среды, например, кадмий (Cd^{++}), могут выступать в качестве физиологических антагонистов этих элементов [2].

В этой связи изучение элементного баланса в организме людей систематически занимающихся физической культурой и спортом в условиях загрязнения окружающей среды является актуальным направлением физической культуры и спорта.

Таким образом целью настоящего исследования явилось - определить особенности функционального состояния сердечно-сосудистой системы и ее реагирования на физическую нагрузку у спортсменов и студентов, не занимающихся спортом, в зависимости от содержания в организме Ca^{++} и K^{+} и Cd^{++} .

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 80 студентов (юноши) в возрасте от 18 до 22 лет, из которых: 40 спортсменов факультета физической культуры и спорта ТНУ имени В.И. Вернадского, профессионально занимающихся футболом и 40 студентов КГМУ имени С.И. Георгиевского, занимающихся физическим воспитанием в пределах учебной программы.

У обследуемых определяли содержание Cd^{++} , Ca^{++} и K^{+} в биологически стабильных тканях (волосах) рентгено-флюоресцентным методом в лаборатории научно-исследовательского центра «ВИРИА» г. Киева.

Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы оценивали по 8-ми показателям центральной кардиогемодинамики и 5-ти ЭКГ-параметрам. Исследование проводили в состоянии физиологического покоя, после физической нагрузки на велоэргометре и в восстановительном периоде.

Для регистрации показателей центральной кардиогемодинамики использовали реанализатор РА5-01. Регистрировали частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин, ударный объем сердца (УО, мл), минутный объем крови (МОК, л/мин), сердечный индекс (СИ, л/мин/м²), ударный индекс (УИ, мл/м²), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС, дин/с/см⁻⁵). Систолическое артериальное давление (САД, мм.рт.ст.) и диастолическое артериальное давление (ДАД, мм.рт.ст.) измеряли методом Короткова.

ЭКГ-параметры регистрировали на аппаратно-программном комплексе «Эргокард». При проведении исследования производили распознавание следующих электрокардиографических показателей: интервалов PQ (с) и QPST (с), сегмента ST (с), комплекса QPS (с), а так же интервала R-R (с).

Статистическую обработку данных проводили посредством непараметрического корреляционного анализа по Спирмену и статистического сравнения по методу Манна-Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Средние значения содержания определяемых в данной работе химических элементов в организме исследуемых спортсменов находилось в пределах условной, принятой на сегодняшний день, нормы [3; 4], в то время как у студентов, не занимающихся спортом, отмечался дефицит эссенциальных элементов (рис. 1, 2).

Более высокое содержание исследуемых элементов может говорить как о лучшем элементном статусе организма спортсменов, так и об элиминирующем воздействии мышечных нагрузок, которые влияют на динамику как токсичных, так и жизненно необходимых химических элементов.

Наблюдаемое пониженное содержание эссенциальных элементов, выявленное у студентов, не занимающихся спортом, возможно связано не только с их недостаточным поступлением в организм, но и с особенностями обменных процессов, потребностями в данном элементе свойственных определенному возрастному периоду, с интенсивностью их всасывания, а также с неполноценностью транспорта и метаболизма.

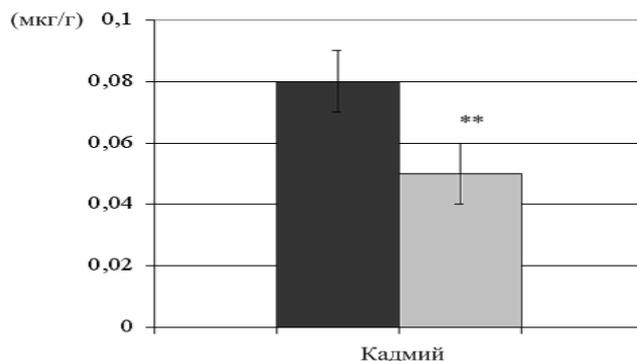


Рис. 1. Диаграмма содержания кадмия в волосах у спортсменов – ■ и студентов, не занимающихся спортом – ■.

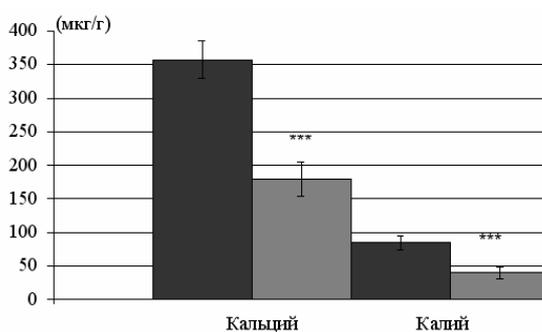


Рис. 2. Диаграмма содержания кальция и калия в волосах у спортсменов – ■ и студентов, не занимающихся спортом – ■.

Таким образом, элементный статус организма спортсменов по результатам настоящего и других исследований можно расценивать скорее как более благоприятный, чем таковой, у не занимающихся спортом студентов, и обусловлен он, по всей видимости, теми адаптационно-приспособительными изменениями, которые возникают в ответ на повышенные физические и эмоциональные нагрузки и отражают специфику физиологических процессов у профессиональных спортсменов.

Учитывая известную и возможную роль этих элементов в функционировании мышечной и сердечно-сосудистой систем можно ожидать, что выявленные различия в их содержании в организме исследуемых студентов, скажутся на адаптационных возможностях организма и, в частности сердечно-сосудистой системы, которая не только обеспечивает трофику мышечной системы, в том числе и изучаемыми элементами, но и сама нуждается в соответствующем обеспечении.

Корреляционный анализ показателей сердечно-сосудистой системы и содержания в организме химических элементов в состоянии физиологического позволил установить ряд статистически значимых связей.

Так, для кадмия выявлены достоверные обратные корреляционные связи показателей деятельности сердца с уровнем кадмия в организме спортсменов, тогда как для студентов, не занимающихся спортом, такой зависимости не установлено.

Поскольку характер связи был обратным, следовательно, чем выше было содержание кадмия в организме, тем меньше была длительность интервала PQ и желудочкового комплекса, а, следовательно, время проведения возбуждения по сердцу и тем меньшее количество крови выбрасывалось сердцем за одну систолу. При этом характер связи свидетельствует о дромотропном действии кадмия (табл.1).

Таблица 1.

Корреляционная связь показателей сердечно-сосудистой системы с содержанием химических элементов в организме исследуемых студентов в состоянии физиологического покоя

Хим. элемент	Показатели	Спортсмены (n=40)		Не спортсмены (n=40)	
		(r)	(p)	(r)	(p)
Cd ⁺⁺ (кадмий)	Интервал PQ (с)	-0,47	0,01		
	Комплекс QRS (с)	-0,47	0,01		
	УИ (мл/м ²)	-0,55	0,02		
Ca ⁺⁺ (кальций)	МОК (л/мин)	0,45	0,02		
K ⁺ (калий)	УО (мл)			0,54	0,01
	МОК (л/мин)			0,51	0,01
	СИ (л/мин/м ²)			0,57	0,02
	УИ (мл/м ²)			0,61	0,01

Для эссенциальных элементов выявлена прямая корреляционная связь только с содержанием кальция в организме спортсменов и показателями МОК, указывающая на более высокую производительность сердца при более высоких концентрациях этого элемента в организме.

Для калия установлены высоко достоверные положительные корреляционные связи с показателями деятельности сердца (УО, МОК, СИ и УИ) студентов, не занимающихся спортом.

Известно, что систематические физические тренировки при занятии спортом приводят к существенным сдвигам в деятельности сердечно-сосудистой системы. Сердечная мышца является достаточно чувствительной к изменениям метаболизма, однако обладает при этом высокими компенсаторными возможностями [5], которые не выявляются в статичном состоянии, но могут обнаружить себя при функциональной пробе как следствие адаптации к физическим нагрузкам. Поэтому особый интерес представляло выяснение влияния химических элементов, на состояние деятельности сердца в условиях такого функционального нагрузочного теста как мышечная работа.

Предъявление физической нагрузки позволило выявить большее количество корреляционных связей для спортсменов и установить наличие достоверных корреляционных связей для студентов, не занимающихся спортом (табл. 2).

Таблица 2.

Взаимосвязь показателей сердечно-сосудистой системы с содержанием химических элементов в организме исследуемых студентов при физической нагрузке

Хим. элемент	Показатели	Спортсмены (n=40)		Не спортсмены (n=40)	
		(r)	(p)	(r)	(p)
Cd ⁺⁺ (кадмий)	Интервал PQ (с)	-0,52	0,01	0,37	0,01
	Комплекс QRS (с)	-0,35	0,02		
	Сегмент ST (с)			0,46	0,02
	Интервал QRST (с)	-0,53	0,02		
	Интервал R-R(с)	-0,31	0,04	0,36	0,02
	УИ (мл/м ²)	-0,56	0,01		
Ca ⁺⁺ (кальций)	Интервал QRST (с)	0,44	0,05		
	Интервал R-R (с)	-0,46	0,01		
K ⁺ (калий)	Комплекс QRS (с)			0,40	0,01
	Сегмент ST (с)			-0,33	0,03
	Интервал QRST (с)	-0,54	0,01	0,36	0,02
	Интервал R-R (с)			0,37	0,02
	ДАД (мм рт.ст.)			0,39	0,02
	УО (мл)			0,39	0,04
	МОК (л/мин)			0,44	0,01
	СИ (л/мин/м ²)			0,37	0,04
	УИ (мл/м ²)			0,45	0,02

Так, при предъявлении физической нагрузке с увеличением содержания уровня кадмия длительность сердечного цикла и отдельных его составляющих у студентов, не занимающихся спортом, увеличивалась, в то время как у спортсменов кадмий проявлял отрицательное хронотропное действие.

Что касается механической работы сердца, его сократительной функции, то она также определенным образом реагировала на уровень Cd⁺⁺ в организме спортсменов. Так, для спортсменов выявили статистически достоверную отрицательную корреляционную связь УИ с содержанием кадмия в волосах, т.е. чем выше было содержание кадмия в волосах, тем меньше количество крови выбрасывалось сердцем за одну систолу.

Физическая нагрузка позволила выявить значимость и эссенциальных кальция и калия; первого, главным образом, у спортсменов, а второго – у студентов, не занимающихся спортом.

При этом кальций способствовал увеличению времени процесса возбуждения желудочков в целом у спортсменов (интервал QRST), а калий, напротив уменьшал. Интересно, что у студентов, не занимающихся спортом, кальций в выявленных концентрациях вообще не влиял на электрические процессы в миокарде, в то время как калий оказывал разнонаправленное действие на различных этапах возбуждения желудочков (комплекс QRS, сегмент ST), в целом способствуя удлинению желудочного

комплекса. Он также, по-видимому, «улучшал» механическую работу сердца, обнаруживая положительную корреляционную связь с рядом параметров работы сердца.

Известно, что после прекращения выполнения физической нагрузки начинают осуществляться основные восстановительные процессы, которые носят неоднородный характер и существенно различаются у спортсменов и у людей, не занимающихся спортом.

В связи с этим, особый интерес представило изучить реакцию сердечно-сосудистой системы в зависимости от уровня содержания изучаемых химических элементов не только при предъявлении физической нагрузки, но и в восстановительном периоде, после выполнения функциональной пробы.

Значимость кадмия для электрокардиографических показателей проявляла себя более разнообразно и практически для всех показателей желудочковой проводимости у спортсменов в течение всего восстановительного периода (табл. 3).

Таблица 3.

Взаимосвязь показателей сердечно-сосудистой системы с содержанием химических элементов в организме исследуемых студентов в период восстановления

Хим. элемент	Показатели	Спортсмены (n=40)		Не спортсмены (n=40)	
		(r)	(p)	(r)	(p)
Cd ⁺⁺ (кадмий)	Интервал PQ (с)	-0,43	0,05		
	Сегмент ST (с)	0,52	0,01		
	Интервал QRST (с)	-0,56	0,01		
Ca ⁺⁺ (кальций)	Интервал R-R (с)	-0,37	0,04		
K ⁺ (калий)	Интервал QRST (с)			0,40	0,02
	ДАД (мм рт.ст.)			0,40	0,02
	УО (мл)			0,41	0,02
	МОК (л/мин)			0,40	0,02
	СИ (л/мин/м ²)			0,41	0,02
	УИ (мл/м ²)			0,42	0,01

В восстановительном периоде выявлена значимость кальция, который так же, как и кадмий, способствовал уменьшению продолжительности сердечного цикла (интервал R-R) у спортсменов.

Обращает внимание весьма высокая значимость калия для сердечно-сосудистой системы студентов, не занимающихся спортом, причем как для показателей деятельности сердца (УО, МО, СИ, УИ), так и состояния сосудов (ДАД). В то же время у спортсменов такой зависимости не установлено.

Исходя из общего числа установленных корреляционных связей, можно констатировать, что их максимальное количество обнаруживалось при предъявлении физической нагрузки, затем в восстановительном периоде и минимально – в состоянии физиологического покоя, что позволяет говорить о компенсированных изменениях

реактивности сердечно-сосудистой системы и ее адаптационных возможностей, обусловленных изменением содержания соответствующих химических элементов.

Обобщение результатов корреляционного анализа показателей сердечно-сосудистой системы в состоянии физиологического покоя, при физической нагрузке и в период восстановления с внутренними дозами кадмия, кальция и калия в организме спортсменов и студентов, не занимающихся спортом, позволяет констатировать определенную физиологическую значимость этих элементов в обусловливании функционального состояния сердечно-сосудистой системы и ее реагирования на физическую нагрузку, причем более выраженную для нетренированного организма. Об этом свидетельствует количество обнаруженных корреляционных связей с изучаемыми элементами (рис. 3) (16 у спортсменов и 22 у студентов, не занимающихся спортом) на различных этапах исследования.

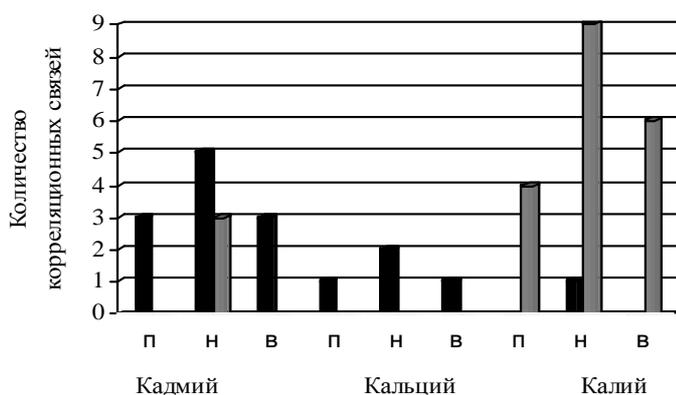


Рис. 3. Корреляционные связи содержания химических элементов и показателей сердечно-сосудистой системы у спортсменов – ■ и студентов, не занимающихся – ■, на различных этапах исследования (в покое – (п), при физической нагрузке – (н), в восстановительном периоде – (в)). По оси абсцисс – этапы исследования и химические элементы; по оси ординат – количество корреляционных связей.

При этом у спортсменов наибольшая физиологическая значимость установлена для кадмия (11 корреляционных связей), и, в меньшей степени для кальция (4 корреляции) и калия (1 корреляция), тогда как у студентов, не занимающихся спортом, весьма высокую значимость проявил калий (19 корреляционных связей) и в меньшей степени кадмий (3 корреляций).

ВЫВОДЫ

1. Обнаружено, что среднее содержание химических элементов в организме спортсменов находилось в пределах условной физиологической нормы, в то время как у студентов, не занимающихся спортом, отмечался дефицит кальция и, в особенности, калия в организме.

2. Установлено, что кадмий оказывал определенное влияние на показатели деятельности сердца спортсменов – как электрофизиологические: интервал PQ, комплекс QRS, интервал QRST, сегмент ST, интервал R-R при $-0,35 \leq r \leq -0,56$ и $0,01 \leq p \leq 0,04$, - так и на параметры реограммы (ударный индекс; $r = -0,55$; $p \leq 0,02$), в состоянии физиологического покоя, при физической нагрузке и в восстановительном периоде. У студентов, не занимающихся спортом, кадмий не обладал такой выраженной значимостью за исключением его общего влияния на длительность сердечного цикла, причем противоположным, чем у спортсменов, образом и практически исключительно во время физической нагрузки.
3. Функциональная значимость эссенциальных элементов для студентов, не занимающихся спортом, проявлялась только после физической нагрузки и, в меньшей степени, в восстановительном периоде, тогда как у спортсменов такая зависимость наблюдалась и в состоянии физиологического покоя, указывая на более высокую потребность в соответствующем микроэлементном обеспечении при систематических физических нагрузках.

Список литературы

1. Скальный А.В. Макро- и микроэлементы в физической культуре и спорте / А.В. Скальный, З.Г. Орджоникидзе, О.А. Громова. – М., 2000. – 71 с.
2. Скальный А.В. Биоэлементы в медицине / А.В. Скальный, И.А. Рудаков – М.: Оникс 21 век, Мир, 2004. – 272 с.
3. Ревич Б.А. Химические элементы в волосах человека как индикатор воздействия загрязненного производства и окружающей среды / Б.А. Ревич // Гигиена и санитария. – 1990. – № 3. – С. 28–30.
4. Grandjean P. Mercury Risks: Controversy or Just Uncertainty? / P. Grandjean, J.A. Frenstos, J.T. Baer // Public Health Reports. – 1999. – Vol. 114. – P. 512–517.
5. Maughan R. J. Role of micronutrients in sport and physical activity / R. J. Maughan // Brit. Med. Bull. – 1999. – N. 3. – P. 683–690.

Решетняк О.А. Залежність показників серцево-судинної системи від рівня вмісту токсичних і есенціальних елементів в організмі спортсменів / О.А. Решетняк // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 171-178.
Проведено функціональне обстеження серцево-судинної системи 80 спортсменів та студентів, які не займаються спортом, які були обстежені на предмет вмісту кадмію, калію і кальцію в організмі. Виявлена фізіологічна значимість токсичного та есенціальних елементів для функціонального стану серцево-судинної системи спортсменів та осіб, що не займаються спортом.

Ключові слова: серцево-судинна система, спортсмени, кадмій, калій, кальцій.

Reshetniak O.A. Dependence of indexes of the cardiovascular system on the level of maintenance of toxic and essential elements in the organism of sportsmen / O.A. Reshetniak // Scientific Notes OF Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 4. – P. 171-178.

The functional inspection cardiovascular system is conducted at 80 the sportsmen and physically untrained students, who have been surveyed about the maintenance of cadmium, potassium and calcium in an organism. The physiological role toxic and essential elements for an action of the heart of sportsmen and the persons who are not going in for sports is revealed.

Keywords: cardiovascular system, sportsmen, cadmium, potassium, calcium.

Поступила в редакцію 18.11.2012 г.