

УДК 616.1/9-02:614.7

ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНОВ К ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ СОДЕРЖАНИЯ КАДМИЯ, КАЛИЯ И КАЛЬЦИЯ В ОРГАНИЗМЕ

Решетняк О.А.¹, Евстафьева И.А.¹, Евстафьева Е.В.², Решетняк А.В.¹

¹*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина*

²*Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского,
Симферополь, Украина*

E-mail: mravaeva@ukr.net

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

Изучение механизма адаптационных процессов, происходящих в организме спортсменов в условиях современной антропогенной среды, является важной современной задачей физиологии спорта.

Именно поэтому среди методов совершенствования организационной, материально-технической основ тренировочной и соревновательной деятельности, характера спортивной тренировки [1] особое место начинают занимать физиологические подходы, связанные с определением, коррекцией и улучшением микро- и макроэлементного баланса в организме спортсменов [2]. При этом особого внимания заслуживает сердечно-сосудистая система спортсменов, состояние которой с одной стороны, отражает ход и эффективность адаптационных процессов и приспособительные возможности организма [3; 4], с другой же стороны эта система является одной из наиболее чувствительных к элементному дисбалансу.

С точки зрения обеспечения химическими элементами этой системы особый интерес представляют такие элементы, как кальций (Ca^{++}), калий (K^+) и являющийся антагонистом Ca^{++} и считающийся токсичным элементом - кадмий (Cd^{++}).

В связи с этим целью данной работы 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 Cd^{++} , Ca^{++} и K^+ .

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 80 человек, из которых: 40 студентов-спортсменов ФФК ТНУ им. В.И. Вернадского, профессионально занимающиеся футболом, а также 40 студентов КГМУ им. С.И. Георгиевского, занимающихся физическим воспитанием в пределах учебной программы. У обследуемых определяли содержание Cd^{++} , Ca^{++} и K^+ в волосах рентгено-флюоресцентным методом в лаборатории научно-исследовательского центра «ВИРИА» г. Киева.

Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы оценивали по 9-ти показателям центральной кардиогемодинамики и 5-ти ЭКГ-параметрам. Исследование проводили в состоянии физиологического покоя, после физической нагрузки на велоэргометре и в восстановительном периоде.

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

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Прежде всего, следует отметить, что средние значения содержания определяемых в данной работе химических элементов в организме исследуемых спортсменов находилось в пределах условной, принятой на сегодняшний день, нормы [5; 6], в то время как у студентов, не занимающихся спортом, отмечался дефицит эссенциальных элементов (таб. 1).

Таблица 1.

Концентрация (мкг/г) химических элементов в волосах исследуемых студентов

Химический элемент	Минимальная	Максимальная	$\bar{X} \pm S_x$	Условная норма
Cd (кадмий)				
спортсмены	0,00	0,28	$0,08 \pm 0,01$	0-1
не спортсмены	0,00	0,17	$0,05 \pm 0,01^{**}$	
Ca (кальций)				
спортсмены	183,67	929,69	$353,31 \pm 28,40^{***}$	300-700
не спортсмены	145,62	718,19	$179,50 \pm 25,38$	
K (калий)				
спортсмены	0,00	185,34	$84,90 \pm 10,26$	70-170
не спортсмены	0,00	301,21	$40,49 \pm 8,87^{***}$	

Примечание: Различия между группами достоверны ** – при $p < 0,01$; *** – при $p < 0,001$.

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.

Средние значения исследуемых показателей сердечно-сосудистой системы в состоянии физиологического покоя отличались у студентов, занимающихся и не занимающихся спортом (табл. 2.). Так, некоторые показатели деятельности сердца - ударный объем (УО), сердечный индекс (СИ) и ударный индекс (УИ) у нетренированных студентов оказались существенно ниже нормы, а общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС) превышало нормативные значения, в то время как у спортсменов УИ, УО и минутный объем (МО) были выше нормы, а ОПСС и среднее артериальное давление (МуАД) наоборот, - ниже.

Таблица 2.

Показатели сердечно-сосудистой системы студентов в состоянии покоя

Показатели	Среднее \pm стандартное отклонение		Норма
	спортсмены	не спортсмены	
Интервал PQ (с)	0,128 \pm 0,001**	0,131 \pm 0,002	0,12–0,20
Комплекс QRS (с)	0,090 \pm 0,002	0,093 \pm 0,003	0,06–0,09
Сегмент ST (с)	0,057 \pm 0,001**	0,065 \pm 0,001	0,02–0,12
Интервал QRST (с)	0,148 \pm 0,001**	0,158 \pm 0,001	0,35–0,42

Продолж. табл. 2.

Интервал R-R (с)	0,825 \pm 0,101	0,833 \pm 0,129	0,75–1,0
ЧСС (уд/мин)	60–83	60,61 \pm 1,39**	67,80 \pm 1,55
САД (мм рт.ст.)	110–130	116,83 \pm 1,68	119,35 \pm 1,56
ДАД (мм рт.ст.)	60–80	85,96 \pm 3,54	74,57 \pm 1,88
МуАД (мм рт.ст.)	90	85,96 \pm 2,54	89,53 \pm 2,00
УО (мл)	70–90	91,84 \pm 2,50**	46,55 \pm 1,90
МО (л/мин)	3–5	6,15 \pm 0,26**	3,11 \pm 0,13
ОПСС (дин /с/см ⁻⁵)	1270–1490	1168,06 \pm 39,25**	1524,30 \pm 71,85
СИ (л/мин/м ²)	3–5,6	3,55 \pm 0,12**	1,62 \pm 0,06
УИ (мл/м ²)	42–47	51,57 \pm 1,74**	24,48 \pm 0,94

Примечание: Различия между группами достоверны * – при $p \leq 0,05$; ** – при $p \leq 0,01$.

Выявленные различия показателей сердечно-сосудистой системы могут быть следствием адаптации организма к высоким физическим нагрузкам, которые в течение долгого времени не вызывают нарушений миокардиально-гемодинамического гомеостаза, а лишь ведут к некоторому смещению значений физиологических показателей, обусловленному долговременными структурными механизмами адаптации к систематическим нагрузкам [7] что, очевидно, имело место и в данном случае.

На фоне этих изменений особое внимание привлекает анализ элементного статуса студентов, поскольку микроэлементное обеспечение деятельности сердца и сосудистой системы существенным образом может сказаться на ее состоянии.

Среди изученных элементов наиболее существенное влияние на ЭКГ-характеристики обнаружено со стороны токсичного Cd^{++} , хотя его содержание в организме студентов было незначительным.

У спортсменов такая зависимость наблюдалась даже в состоянии физиологического покоя, указывая на прямой дромотропный и хронотропный эффект Cd^{++} , т.е. чем выше было содержание Cd^{++} в организме, тем меньше была длительность интервала PQ и комплекса QRS, а, следовательно, - время проведения возбуждения по сердцу (табл. 3.).

Таблица 3.

Данные корреляционного анализа содержания кадмия и показателей сердечно-сосудистой системы у исследуемых студентов

Этапы исследования	Показатели	Спортсмены		Не спортсмены	
		r	p	r	p
покой	Интервал PQ	-0,47	0,01		
	Комплекс QRS	-0,47	0,01		
	УИ	-0,55	0,02		
нагрузка	Интервал PQ	0,54	0,01	0,40	0,01
	Комплекс QRS	-0,35	0,02		
нагрузка	Интервал QRST	-0,53	0,01		
	Сегмент ST			0,46	0,02
	Интервал R-R	-0,45	0,02	0,35	0,02
	УИ	-0,56	0,01		
восстановление	Интервал PQ	-0,43	0,05		
	Интервал QRST	-0,56	0,01		
	Сегмент ST	0,52	0,01	-0,37	0,01

Предъявление физической нагрузки позволило выявить большее количество корреляционных связей как для спортсменов, так и для студентов, не занимающихся спортом, у которых при этом был выявлен отрицательный хронотропный эффект Cd^{++} . Что касается механической работы сердца, его сократительной функции, то она также определенным образом реагировала на уровень Cd^{++} в организме, противоположным у спортсменов и не тренирующихся студентов.

Меньшая, чем при физической нагрузке, но большая, чем в состоянии физиологического покоя, чувствительность ЭКГ-параметров сердца к присутствию в организме Cd^{++} наблюдалась и в восстановительный период.

Таким образом, можно отметить, что значимость Cd^{++} для функционального состояния сердечно-сосудистой системы носила в основном кардиотропный характер, поскольку проявлялась преимущественно по отношению к показателям деятельности сердца.

Особый интерес представляет выявленная физиологическая значимость эссенциальных элементов. Так содержание K^+ обнаружило большое количество

корреляционных связей у студентов, не занимающихся спортом, и подтвердило отрицательный хронотропный эффект. Он способствовал увеличению времени возбуждения желудочков и, за счет этого, – всего сердечного цикла при физической нагрузке у студентов, не занимающихся спортом, в то время как у спортсменов K^+ влиял противоположным образом на желудочковый комплекс в целом. Он также, по-видимому, «улучшал» механическую работу сердца, обнаруживая положительную корреляционную связь с рядом параметров работы сердца (табл. 4.).

Таблица 4.
Данные корреляционного анализа содержания калия и показателей
сердечно-сосудистой системы у исследуемых студентов

Показатели	Спортсмены						Не спортсмены					
	покой		нагрузка		вос-е		покой		нагрузка		вос-е	
	г	р	г	р	г	р	г	р	г	р	г	р
Ком-с QRS									0,36	0,01	0,31	0,05
Инт-л QRST			-0,54	0,01					0,40	0,03	0,40	0,02
Сегмент ST									-0,45	0,02		
Инт-л R-R									0,40	0,03		
МО							0,51	0,01	0,44	0,01	0,40	0,02
УО							0,54	0,01	0,39	0,04	0,41	0,02
УИ							0,61	0,01	0,45	0,02	0,42	0,01
СИ							0,57	0,02	0,37	0,04	0,41	0,02
ОПСС							-0,52	0,01				
ДАД									0,39	0,01	0,40	0,02
Му.АД											0,38	0,03

Эссенциальный Ca^{++} проявлял классический положительный хронотропный эффект, способствуя уменьшению длительности сердечного цикла у спортсменов, в то время как у студентов, не занимающихся спортом, вообще не был значим.

Посредством реографии выявлено, что Ca^{++} был значим для двух показателей сердечной деятельности (МО и СИ) у спортсменов, что указывает на общеизвестную роль этого элемента в обеспечении сократительной способности миокарда (табл. 5).

Общее число корреляционных связей свидетельствует о большей чувствительности сердечно-сосудистой системы организма студентов, не занимающихся спортом, к дисбалансу эссенциальных элементов, прежде всего – K^+ , вероятно в связи с его низким содержанием в организме, затем Ca^{++} и Ca^{++} .

У спортсменов, для которых был характерен нормальный баланс исследованных элементов, наиболее существенным влиянием обладал Ca^{++} , а затем эссенциальные Ca^{++} и K^+ .

Таблица 5.

Данные корреляционного анализа содержания кальция и показателей сердечно-сосудистой системы у исследуемых студентов

Этапы исследования	Показатели	Спортсмены		Не спортсмены	
		г	р	г	р
покой	МО	0,45	0,02		
	СИ	0,40	0,07		
	ДАД			-0,33	0,06
	МО	0,45	0,02		
	Му.АД			-0,34	0,06
нагрузка	Интервал QRST	0,44	0,05		
	Интервал R-R	-0,46	0,01		
восстановление	Интервал R-R	-0,47	0,04		

Кроме того, 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..

ВЫВОДЫ

1. Выявлены особенности адаптации сердечно-сосудистой системы к физической нагрузке у студентов-спортсменов и студентов, не занимающихся спортом, в зависимости от содержания в организме кальция, калия и кадмия, которые проявлялись в наличии разнонаправленных корреляционных взаимосвязей показателей деятельности сердца и гемодинамики с концентрацией элементов в волосах, главным образом при физической нагрузке и в восстановительном периоде.
2. 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.
3. 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.

4. 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. Платонов В.Н. Общая теория подготовки спортсменов в олимпийском спорте: история развития и современное состояние / В.Н. Платонов // Наука в олимпийском спорте. Спец. выпуск. – М., 1999. – С. 3–12.
2. Скальный А.В. Макро- и микроэлементы в физической культуре и спорте / А.В. Скальный, З.Г. Орджоникидзе, О.А. Громова. – М., 2000. – 71 с.
3. Баевский Р.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р.М. Баевский, О.И. Кириллов, С.З. Клецкин. – М.: Наука, 1979. – 220 с.
4. Белоцерковский З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов / З.Б. Белоцерковский. – М.: Советский спорт, 2005. – 311 с.
5. 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.
6. 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.
7. Продиус П.А. Адаптация к физической нагрузке повышает устойчивость к повреждающему действию адреналина и кальция / П.А. Продиус, Т.Г. Сазонтова, Н.Е. Голанцова // Докл. РАН. – 1997. – № 5. – С. 711–714.

Решетняк О.А. Особливості адаптації серцево-судинної системи спортсменів до фізичного навантаження залежно від рівня вмісту кадмію, калію і кальцію в організмі / О.А. Решетняк, І.А. Евстафьева, Е.В. Евстафьева, А.В. Решетняк // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 211–217.

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. Features of adaptation of the cardiovascular system of sportsmen to the physical loading depends on the level of maintenance of cadmium, potassium and calcium in an organism / O.A. Reshetniak, I.A. Evstafyeva, H.V. Evstafyeva, A.V. Reshetniak // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 211–217.

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 12.11.2011 г.