

Корреляционные связи между содержанием кадмия, калия и кальция в организме и показателями сердечно-сосудистой системы спортсменов

Решетняк О.А.

Таврический национальный университет имени В.И. Вернадского

Анотации:

Проведено функциональное обследование сердечно-сосудистой системы у 80-ти студентов (40 студентов-футболистов и 40 студентов, не занимающихся спортом) при помощи электрокардиографии и компьютерной реографии в состоянии физиологического покоя, при физической нагрузке и в восстановительном периоде. Уровень химических элементов в волосах определяли с помощью рентгено-флуоресцентного анализа. Исследование элементного баланса студентов показало, что элементный баланс спортсменов в условиях антропогенной среды является более удовлетворительным, чем у студентов, которые не занимаются спортом и имеют дефицит эссенциальных элементов. Исследование особенностей реагирования сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку обнаружило физиологическую значимость кадмия, более выраженную у спортсменов, чем у студентов, не занимающихся спортом. Характер корреляционных связей эссенциальных элементов с показателями сердечно-сосудистой системы соответствовал их известной роли в физиологических процессах на клеточном уровне.

Решетняк О.А. Кореляційні зв'язки між вмістом кадмію, калію і кальцію у організмі і показниками серцево-судинної системи спортсменів. Проведено функціональне обстеження серцево-судинної системи 80 студентів (40 студентів-футболістів та 40 студентів, які не займаються спортом), за допомогою електрокардіографії і комп'ютерної реографії у стані фізіологічного спокою, при фізичному навантаженні та у відновлювальному періоді. Рівень хімічних елементів у волосі визначали за допомогою рентгено-флуоресцентного аналізу. Дослідження елементного балансу показало, що елементний баланс спортсменів в умовах антропогенного середовища є більш задовільним, ніж у студентів, які не займаються спортом і мають дефіцит есенціальних елементів. Дослідження особливостей реагування серцево-судинної системи на фізичне навантаження виявило фізіологічну значущість кадмію, більш виражену у спортсменів, чим у студентів, що не займаються спортом. Характер кореляційних зв'язків есенціальних елементів з показниками серцево-судинної системи відповідав їх відомій ролі у фізіологічних процесах на клітинному рівні.

Reshetniak O.A. Correlation between the cadmium, calcium and potassium in the body and indices of cardiovascular system of athletes. Performed a functional examination of the cardiovascular system in 80 students (40 players, 40 students are not involved in sports). Used the method of electrocardiography and computer rheography. The study was conducted in a state of physiological rest during exercise and during the recovery period. The level of chemical elements in the hair was determined by X-ray fluorescence analysis. The element of balance of athletes showed that the elemental balance of athletes in terms of the built environment is more satisfactory than the students. Students have a shortage of essential items. The study features of response of the cardiovascular system to exercise physiological significance of cadmium found in athletes. Character correlations essential elements with indices cardiovascular system conform to their known roles in physiological processes at the cellular level.

Ключевые слова:

сердечно-сосудистая система, спортсмены, химические элементы, кадмий, кальций, калий.

серцево-судинна система, спортсмени, хімічні елементи, кадмій, калій, кальцій.

cardiovascular system, sportsmen, chemical elements, cadmium, potassium, calcium.

Введение.

Ухудшение состояния здоровья человеческой популяции в последние десятилетия в значительной степени обусловлено высокими темпами антропогенной трансформации биосферы и снижением под влиянием антропогенного прессинга адаптационных возможностей организма [4; 5].

Адаптация организма к неблагоприятным воздействиям внешней среды, особенно химической нагрузки, требует широкого диапазона функциональных возможностей и адекватного переключения важнейших физиологических систем на новый режим жизнедеятельности [7]. Известно [6], что протекание этого процесса происходит наиболее быстро и «безболезненно» в организме спортсменов и у людей, систематически занимающихся физическими упражнениями. С другой стороны, именно организм человека в условиях систематических физических нагрузок, особенно у спортсменов высокой квалификации, нуждается в полноценном микро- и макроэлементном обеспечении. При этом особого внимания заслуживает сердечно-сосудистая система, состояние которой с одной стороны, отражает ход и эффективность адаптационных процессов [1; 6], а с другой, – дает наиболее объективное представление о приспособительных

возможностях организма спортсменов. С точки зрения обеспечения химическими элементами этой системы особый интерес представляют такие элементы, как кальций (Ca^{++}) [3], калий (K^{+}) и являющийся антагонистом Ca^{++} и считающийся токсичным элементом – кадмий (Cd^{+}).

В настоящее время в литературе имеется ограниченное количество работ о взаимосвязях содержания микроэлементов и показателей деятельности сердца спортсменов, которые не дают достаточно полного представления о том, как реализуется в организме взаимодействие микроэлементов между собой, как это взаимодействие отражается на функции системы кровообращения и сказывается на тренировочной и соревновательной деятельности [9, 10].

Исследования проводились в соответствии с планами научно-исследовательской работы Таврического национального университета имени В.И. Вернадского «Медико-биологическое обоснование системы физического воспитания. Разработка и совершенствование методов врачебно-педагогических наблюдений в учебно-тренировочном процессе» (№ гос. регистрации 0101U005752), а также Крымского государственного медицинского университета имени С.И. Георгиевского по программе «Физиологические подходы к оценке экологического риска для здоровья» (№ гос. регистрации 0102U006172).

Цель, задачи работы, материалы и методы.

Цель работы – определить особенности функционального состояния сердечно-сосудистой системы и ее реагирования на физическую нагрузку у спортсменов в зависимости от содержания в организме Cd^{++} , Ca^{++} и K^{+} .

Методы и организация исследования. В исследовании приняли участие 80 студентов (юноши) в возрасте от 18 до 22 лет, из которых: 40 спортсменов, профессионально занимающихся футболом – (1-я группа) и 40 студентов, занимающихся физическим воспитанием, лишь в пределах учебной программы – (2-я группа). У обследуемых определяли содержание Cd^{++} , Ca^{++} и K^{+} в биологически стабильных тканях (волосах) рентгено-флюоресцентным методом в лаборатории научно-исследовательского центра «ВИРИА» г. Киева.

Оценку сердечной деятельности проводили путем регистрации показателей методом электрокардиографии (ЭКГ) на аппаратно-программном комплексе «Эргокард» (Италия). 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).

Электрокардиограмму записывали в состоянии физиологического покоя, при комбинированной **ступенчатой** физической нагрузке на велоэргометре, которая состояла из 8 стадий (продолжительностью по 3 минуты) и в восстановительном периоде (на протяжении 5 мин).

Для регистрации показателей центральной кардиогемодинамики использовали реоанализатор РА5-01. Запись реограммы проводили в состоянии физиологического покоя, после 12 мин. физической нагрузки на велоэргометре и 5 мин. восстановления. Регистрировали следующие показатели: ударный объем сердца (УО, мл); минутный объем крови (МО, л/мин); сердечный индекс (СИ, л/мин/м²); ударный индекс УИ (мл/м²); общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС, дин с/см⁻⁵).

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

Результаты исследований.

Прежде всего, следует отметить, что среднее содержание изучаемых химических элементов в организме исследуемых спортсменов находилось в пределах условной, принятой на сегодняшний день, нормы [4; 8], в то время у студентов, не занимающихся спортом, отмечался дефицит эссенциальных элементов (табл. 1).

Пониженное содержание эссенциальных элементов в организме студентов, не занимающихся спортом, может быть обусловлено рядом причин: низким содержанием в пищевых продуктах, в связи с усиленным расходом в результате стрессорных воздействий, чрезмерным употреблением кофеин-содержащих про-

дуктов, курения [2; 6]. В то же время получены нами данные согласуются с данными о различиях в элементном составе волос профессиональных спортсменов в сторону повышения концентрации большинства химических элементов по сравнению с показателями здоровых мужчин, не занимающихся спортом [5], но следует отметить, что повышенная концентрация кальция в волосах спортсменов может не столько отображать повышенное содержание его в организме, сколько указывать на усиленный круговорот этого элемента и выведения из организма при систематических физических нагрузках.

Результаты корреляционного анализа показателей сердечно-сосудистой системы исследуемых студентов с содержанием изучаемых химических элементов в организме позволили констатировать следующее.

Наиболее существенное влияние на ЭКГ-характеристики обнаружено со стороны токсичного Cd^{++} (табл. 2).

У спортсменов такая зависимость наблюдалась даже в состоянии физиологического покоя, указывая на прямой дромотропный и хронотропный эффект Cd^{++} .

Для кадмия выявлена достоверная обратная корреляционная связь с показателями УИ спортсменов, то есть, чем выше было содержание кадмия, тем меньшее количество крови выбрасывалось сердцем за одну систолу (табл. 2.). У студентов, не занимающихся спортом, кадмий оказывал противоположное по характеру влияние.

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 K^{+} обнаружил большое количество корреляционных связей, у студентов, не занимающихся спортом, и подтвердил 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»

Таблица 1.

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

Химический элемент	Мин-я	Мак-я	X+Sx	Условная норма
Cd ++ (кадмий)				
1-я группа	0,00	0,28	0,08+0,01	0-1
2-я группа	0,00	0,17	0,05+0,01**	
Ca ++ (кальций)				
1-я группа	183,67	929,69	353,31+28,40***	300-700
2-я группа	145,62	718,19	179,50+25,38	
K +(калий)				
1-я группа	0,00	185,34	84,90+10,26	70-170
2-я группа	0,00	301,21	40,49+8,87***	

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

Таблица 2.

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

Этапы исследования	Показатели	Спортсмены		Не спортсмены	
		г	р	г	р
покой	Интервал PQ	-0,47	0,01		
	Комплекс QRS	-0,47	0,01		
	УИ	-0,55	0,02	0,31	0,05
нагрузка	Интервал PQ	0,54	0,01	0,40	0,01
	Комплекс QRS	-0,35	0,02		
	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

Таблица 3.

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

Показатели	Спортсмены		Не спортсмены					
	нагрузка		покой		нагрузка		восстановление	
	г	р	г	р	г	р	г	р
Комплекс QRS					0,36	0,01	0,31	0,05
Интервал QRST	-0,54	0,01			0,40	0,03	0,40	0,02
Сегмент ST					-0,45	0,02		
Интервал 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				

Таблица 4.

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		
нагрузка	Интервал QRST	0,44	0,05		
	Интервал R-R	-0,46	0,01		
восстановление	Интервал R-R	-0,47	0,04		

механическую работу сердца, обнаруживая положительную корреляционную связь с рядом параметров работы сердца (табл. 3).

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. 4).

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 Cd^{++} и Ca^{++} .

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

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. 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 (УИ; $r = -0,55$; $p \leq 0,02$), 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.

Литература:

1. Ванюшин Ю.С. Показатели кардиореспираторной системы у спортсменов разного возраста. Физиология человека. 1998. Т. 24, № 3. С. 105–108.
2. Нотова С.В., Бурцева Т.И. Оценка макроэлементов в волосах учащейся молодежи г. Оренбурга. Микроэлементы в медицине. 2004, № 4, С. 103–105.
3. Продюс П.А., Сазонтова Т.Г., Голанцова Н.Е. Адаптация к физической нагрузке повышает устойчивость к повреждающему действию адреналина и кальция. Докл. РАН. 1997. № 5. С. 711–714.
4. Ревич Б.А. Химические элементы в волосах человека как индикатор воздействия загрязненного производства и окружающей среды. Гигиена и санитария. 1990, № 3, С. 28–30.
5. Скальный А.В., Орджоникидзе З.Г., Катулин А.Н. Питание в спорте: макро- и микроэлементы. М.: Городец, 2005. – 144 с.
6. Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине. М.: Оникс 21 век, Мир, 2004, 272 с.
7. Солodков А.С. Адаптация к мышечной деятельности – механизмы и закономерности. Физиология в высших учебных заведениях России и СНГ. СПб., ГМУ им. Павлова. 1998, С.75–77.
8. Grandjean P., Frentos J.A., Baer J.A. Mercury Risks: Controversy or Just Uncertainty? Public Health Reports. 1999. Vol. 114. P. 512–517.
9. Spencer C.I., Barsotti R.J., Berlin J.R. Loading of calcium and strontium into the sarcoplasmic reticulum in rat ventricular muscle. J Noll Cell Cardiol., 2000, № 32, P. 285–300.
10. Ugarte A., Abrego Z., Unceta N., Goicolea M.A., Barrio R.J. Evaluation of the bioaccumulation of trace elements in tuna species by correlation analysis between their concentrations in muscle and first dorsal spine using microwave-assisted digestion and ICP-MS. International Journal of Environmental Analytical Chemistry. 2011, vol.92(15), pp. 1761–1775. doi:10.1080/03067319.2011.603078.

References:

1. Vaniushin Iu.S. *Fiziologiya cheloveka* [Human physiology], 1998, vol.24(3), pp. 105–108.
2. Notova S.V., Burceva T.I. *Mikroelementy v medicine* [Trace elements in medicine], 2004, vol.4, pp. 103–105.
3. Prodius P.A., Sazontova T.G., Golancova N.E. *Doklady RAN* [Reports of the Russian Academy of Sciences], 1997, vol.5, pp. 711–714.
4. Revich B.A. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and sanitation], 1990, vol.3, pp. 28–30.
5. Skal'nyj A.V., Ordzhonikidze Z.G., Katulin A.N. *Pitanie v sporte* [Nutrition in sport], Moscow, Gorodets, 2005, 144 p.
6. Skal'nyj A.V., Rudakov I.A. *Bioelementy v medicine* [Bioelements in medicine], Moscow, World, 2004, 272 p.
7. Solodkov A.S. *Adaptatsiya k myshechnoj deyateli'nosti – mekhanizmy i zakonomernosti* [Adaptation to muscular activity – the mechanisms and patterns], Sankt Petersburg, SMU Publ., 1998, pp. 75–77.
8. Grandjean P., Frentos J.A., Baer J.A. Mercury Risks: Controversy or Just Uncertainty? *Public Health Reports*. 1999, vol.114, pp. 512–517.
9. Spencer C.I., Barsotti R.J., Berlin J.R. Loading of calcium and strontium into the sarcoplasmic reticulum in rat ventricular muscle. *Journal of molecular and cellular cardiology*, 2000, vol.32, pp. 285–300.
10. Ugarte A., Abrego Z., Unceta N., Goicolea M.A., Barrio R.J. Evaluation of the bioaccumulation of trace elements in tuna species by correlation analysis between their concentrations in muscle and first dorsal spine using microwave-assisted digestion and ICP-MS. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 2011, vol.92(15), pp. 1761–1775. doi:10.1080/03067319.2011.603078.

Информация об авторе:

Решетняк Ольга Анатольевна: olga_sport_tnu@mail.ru; Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского; ул. Студенческая 13, г. Симферополь, 97000, Украина

Цитуйте цю статтю як: Решетняк О.А. Корреляционные связи между содержанием кадмия, калия и кальция в организме и показателями сердечно-сосудистой системы спортсменов // Педагогика, психология та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. – 2013. – № 10 – С. 62-66. doi:10.6084/m9.figshare.775332

Электронная версия этой статьи является полной и может быть найдена на сайте: <http://www.sportpedagogy.org.ua/html/arhive.html>

Это статья Открытого Доступа распространяется под терминами Creative Commons Attribution License, которая разрешает неограниченное использование, распространение и копирование любыми средствами, обеспечивающими должное цитирование этой оригинальной статьи (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.ru>).

Дата поступления в редакцию: 02.08.2013 г.
Опубликовано: 30.09.2013 г.

Information about the author:

Reshetniak O.A.: olga_sport_tnu@mail.ru; Tavricheskiy National University; Student str. 13, Simferopol', 97000, Ukraine.

Cite this article as: Reshetniak O.A. Correlation between the cadmium, calcium and potassium in the body and indices of cardiovascular system of athletes. *Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports*, 2013, vol.10, pp. 62-66. doi:10.6084/m9.figshare.775332

The electronic version of this article is the complete one and can be found online at: <http://www.sportpedagogy.org.ua/html/arhive-e.html>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.en>).

Received: 02.08.2013
Published: 30.09.2013