

УДК [612.176.4+612.2]:796.015

Ю. С. Ванюшин, Р. Р. Хайруллин, Д. Е. Елистратов

КОМПЕНСАТОРНО-АДАПТАЦИОННЫЕ РЕАКЦИИ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЗОНАХ НАГРУЗКИ

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

Аннотация. В статье рассматривается кардиореспираторная система, которая изучалась при помощи комплекса неинвазивных методов исследования. Установлено, что данную систему следует рассматривать как эффекторное звено функциональной системы высшего порядка, обеспечивающей адаптацию организма к различным функциональным нагрузкам. Физиологическими детерминантами этой системы явились инотропная, хронотропная, сосудистая и дыхательная реакции.

Ключевые слова: кардиореспираторная система, типы адаптации, компенсаторно-адаптационные реакции, велоэргометрическая нагрузка.

Актуальность исследуемой проблемы. Основным принципом системного подхода в физиологии спорта является теория функциональных систем, суть которой состоит в том, что для объяснения явлений природы необходимо использовать как можно больше данных, характеризующих ту или иную систему [7]. Такой подход строится на определении системы, состоящей из множества элементов, и обеспечение какой-либо функции может осуществляться разным набором физиологических показателей [3], [5], [6], [10]. Системный подход в изучении деятельности организма в ответ на физические нагрузки является закономерным этапом в развитии физиологии спорта, т. к. нагрузки статического и динамического характера могут рассматриваться как факторы окружающей среды. При этом системный анализ становится актуальным при выявлении ведущих факторов в адаптации организма [1], [2], [3], [9].

Целью исследования явилось выявление компенсаторно-адаптационных реакций кардиореспираторной системы как эффекторного звена функциональной системы, обеспе-

© Ванюшин Ю. С., Хайруллин Р. Р., Елистратов Д. Е., 2016

Ванюшин Юрий Сергеевич – доктор биологических наук, профессор, академик Российской академии естествознания (РАЕ), заведующий кафедрой физического воспитания Казанского государственного аграрного университета, г. Казань, Россия; e-mail: kaf.fv.kgau@mail.ru

Хайруллин Ранис Рафкатович – кандидат биологических наук, доцент кафедры физического воспитания Казанского государственного аграрного университета, г. Казань, Россия; e-mail: hai_ranis81@mail.ru

Елистратов Дмитрий Евгеньевич – кандидат биологических наук, доцент кафедры физического воспитания Казанского государственного аграрного университета, г. Казань, Россия; e-mail: Dima-e-87@mail.ru

Статья поступила в редакцию 20.04.2016

печивающей адаптацию организма к постуральным воздействиям, моделируемым при помощи активного изменения положения тела (позно-тоническая деятельность), и к физическим нагрузкам повышающейся мощности (фазная деятельность).

Материал и методика исследований. Для сбора необходимой информации использовался разработанный нами комплексный подход, состоящий в одномоментной регистрации дифференциальной и объемной реограмм, показателей внешнего дыхания и газообмена. Показатели внешнего дыхания – дыхательный объем (ДО), частота дыхания (ЧД), минутный объем дыхания (МОД) – определялись при помощи пневмотахографа ПТГЗ-01. Газоанализ выдыхаемого воздуха производили на парамагнитном анализаторе АК-5, предназначенном для измерения парциального давления кислорода в газовой смеси [8]. В исследованиях принимали участие спортсмены мужского пола в возрасте 15–60 лет в количестве 72 человек, имеющие спортивную квалификацию от мастера спорта до 2-го разряда. Для оценки приспособительных возможностей кардиореспираторной системы применялись активная ортостатическая проба и нагрузка повышающейся мощности на велоэргометре от 50 до 200 Вт без пауз для отдыха.

Кроме того, обследовалась группа спортсменов-мужчин в количестве 12 человек, имеющих площадь поверхности тела более 2 м². Им предлагалась в качестве нагрузки работа на велоэргометре, которую дозировали исходя из массы тела: 1 Вт/кг, 2 Вт/кг, 3 Вт/кг.

Результаты исследований и их обсуждение. При активной смене положения тела в компенсаторно-адаптационных реакциях принимает участие целый комплекс кардиореспираторных показателей: МОД, ДО, ЧД, частота сердечных сокращений (ЧСС), ударный объем крови (УОК), артериовенозная разница по кислороду (АВРО₂), реографический индекс (РИ), амплитудно-частотный показатель (АЧП) (табл. 1).

Таблица 1

Показатели кардиореспираторной системы в группе мужчин при активном изменении положения тела

Положение тела	Показатели							
	ЧСС	УОК	МОД	ДО	ЧД	АВРО ₂	РИ	АЧП
Лежа, М m	59,55 ± 2,34	124,66 ± 4,73	7,45 ± 0,62	0,58 ± 0,01	13,36 ± 0,65	46,78 ± 2,15	64,58 ± 4,36	2,62 ± 0,20
Сидя, М m	66,07 ± 2,69	88,96 ± 4,69	7,89 ± 0,36	0,65 ± 0,08	12,14 ± 0,48	52,55 ± 2,90	33,95 ± 3,17	1,51 ± 0,10
Стоя, М m	77,41 ± 2,38	76,07 ± 3,66	8,33 ± 0,42	0,64 ± 0,07	13,62 ± 0,62	62,18 ± 2,89	33,64 ± 4,95	1,69 ± 0,20

Из таблицы видно, что m – величина, на которую в среднем отличается каждая варианта от средней арифметической, – имеет небольшие значения, что свидетельствует об отсутствии ведущего фактора в адаптации при активном изменении положения тела. Изменения в кардиореспираторной системе, происходящие при активной смене положения тела, можно рассматривать как минимальные сдвиги, и в этом случае проявляются компенсаторно-адаптационные реакции, направленные на устранение первичных эффектов адаптации (рис. 1) [4]. При физической нагрузке на велоэргометре выявляются доминирующие системы (табл. 2).

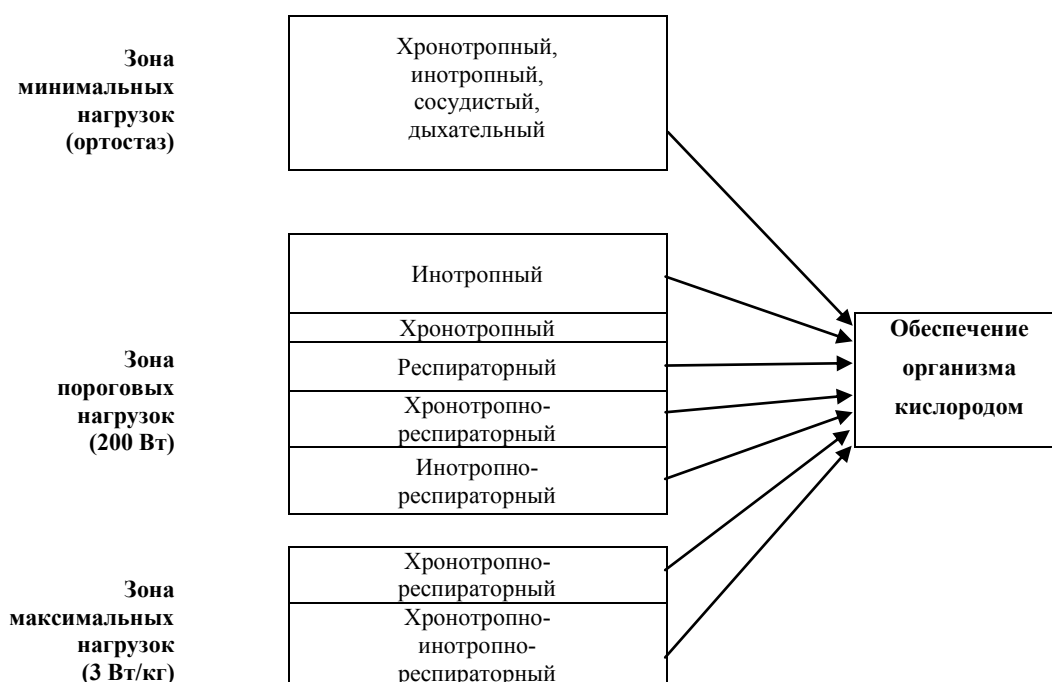


Рис. 1. Схематическое представление компенсаторно-адаптационных реакций кардиореспираторной системы при различных зонах нагрузки

Таблица 2

Распределение спортсменов мужского пола по типам адаптации кардиореспираторной системы при велоэргометрической нагрузке мощностью в 200 Вт

Тип адаптации	Количество испытуемых	Показатели		
		ЧСС, уд/мин	УОК, мл	МОД, л
Инотропный	23	141,83 ± 1,55	147,53 ± 2,18, КВ = 9,21 %	58,51 ± 1,16
Хронотропный	21	169,34 ± 0,83, КВ = 3,01 %	103,96 ± 2,59	63,04 ± 0,76
Респираторный	7	149,42 ± 2,49	112,11 ± 4,96	78,71 ± 2,70, КВ = 9,72 %
Хронотропно-респираторный (ЧСС – МОД)	9	173,62 ± 2,99	111,88 ± 5,29	84,35 ± 2,44, КВ = 8,66 %
Инотропно-респираторный (УОК – МОД)	12	146,74 ± 1,87	144,75 ± 3,64, КВ = 8,70 %	86,83 ± 2,07, КВ = 8,24 %

В ходе исследования мы обратили внимание на значительный разброс показателей сердечного выброса, что, по-видимому, связано с неоднородностью обследуемого контингента. Поэтому нами был предложен способ распределения спортсменов по типам адаптации кардиореспираторной системы. За его основу была принята реакция сердечно-сосудистой и дыхательной систем на велоэргометрическую нагрузку мощностью в 200 Вт, в результате которой спортсмены мужского пола были распределены на 5 групп:

инотропный, хронотропный, респираторный, хронотропно-респираторный и инотропно-респираторный. При этом наиболее оптимальными оказались типы адаптации, связанные с увеличением инотропной функции сердца.

В некоторых случаях нами наблюдалось увеличение нескольких показателей кардиореспираторной системы (табл. 3). Особенно это проявилось в группе спортсменов, имеющих площадь поверхности тела более 2 м^2 при индивидуально подобранной велоэргометрической нагрузке, мощность которой доходила до 300 Вт. Выяснение резервных возможностей в условиях повышенных нагрузок привело нас к выводу, что для обеспечения возросших потребностей работающих скелетных мышц в кислороде организму необходимо наличие двух, а в некоторых случаях и трех факторов кардиореспираторной системы (табл. 4).

Таблица 3

Показатели насосной функции сердца и внешнего дыхания спортсменов-мужчин с площадью поверхности тела более 2 м^2 при нагрузке повышающейся мощности

Нагрузка	Показатели			
	ЧСС	УОК	МОК	МОД
Исходное состояние	$76,46 \pm 5,06$	$77,60 \pm 3,75$	$5,93 \pm 0,56$	$11,83 \pm 0,95$
1 Вт/кг	$110,44 \pm 4,39$	$112,81 \pm 2,53$	$12,53 \pm 0,70$	$33,74 \pm 1,32$
2 Вт/кг	$147,74 \pm 5,73$	$129,74 \pm 6,05$	$19,15 \pm 1,22$	$60,36 \pm 4,18$
3 Вт/кг	$173,50 \pm 3,58$	$128,47 \pm 7,12$	$22,39 \pm 1,50$	$87,32 \pm 3,34$

Таблица 4

Распределение спортсменов-мужчин с площадью поверхности тела более 2 м^2 по типам адаптации кардиореспираторной системы при велоэргометрической нагрузке мощностью 3 Вт/кг

Тип адаптации	Количество испытуемых	Показатели		
		ЧСС	УОК	МОД
Инотропный	1	146,34	135,29	60,37
Респираторный	1	157,89	119,55	85,63
Хронотропно-респираторный (ЧСС – МОД)	5	$171,46 \pm 2,10$, КВ = 2,75 %	$107,67 \pm 9,03$	$84,60 \pm 3,88$, КВ = 8,95 %
Хронотропно-инотропно-респираторный (ЧСС – УОК – МОД)	5	$184,09 \pm 1,39$, КВ = 1,69 %	$149,70 \pm 5,02$, КВ = 7,51 %	$95,76 \pm 2,48$, КВ = 5,81 %

Резюме. Таким образом, изучение кардиореспираторной системы с помощью комплекса неинвазивных методов исследования привело нас к заключению, что данную систему следует рассматривать как эффекторное звено функциональной системы высшего порядка, обеспечивающее адаптацию организма к различным функциональным нагрузкам. При этом эффекторная структура функциональной системы характеризовалась постоянными изменениями степени участия составных функциональных элементов и особенностями их сочетания. Физиологическими детерминантами эффекторной части функциональной системы явились инотропная, хронотропная, сосудистая и дыхательная реакции, участие которых определялось функциональными нагрузками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абзалов Н. И., Абзалов Р. А., Нигматуллина Р. Р. Резервы насосной функции сердца развивающегося организма при гипо- и гиперкинезии. – Казань : К(П)ФУ, 2015. – 116 с.
2. Абзалов Р. А. Насосная функция сердца развивающегося организма и двигательный режим. – Казань : ТГГПУ, 2005. – 277 с.
3. Ванюшин Ю. С., Елистратов Д. Е. Использование системного подхода при обследовании функционального состояния организма студентов // Современные тенденции развития науки и технологии : материалы X Международной научно-практической конференции. – Белгород, 2016. – С. 30–32.
4. Ванюшин Ю. С., Ситдилов Ф. Г. Компенсаторно-адаптационные реакции кардиореспираторной системы при различных видах мышечной деятельности. – Казань : Таглитат, 2003. – 128 с.
5. Земцовский Э. В. Функциональная диагностика состояния вегетативной нервной системы. – СПб. : Инкарт, 2004. – 80 с.
6. Нигматуллина Р. Р. Клеточно-молекулярные механизмы функционирования и регуляции сердца. – Казань : КГМУ, 2004. – 100 с.
7. Судаков К. В. Системная организация функций человека: теоретические аспекты // Успехи физиологической науки. – 2000. – Т. 31, № 1. – С. 81–96.
8. Федоров Н. А., Елистратов Д. Е., Ванюшин Ю. С. Комплексная оценка функционального состояния студентов : учебное пособие для преподавателей и студентов аграрных вузов. – Казань : Отечество, 2014. – 86 с.
9. Хайруллин Р. Р., Ванюшин Ю. С. Кардиореспираторная система как индикатор функционального состояния организма спортсменов // Теория и практика физической культуры. – 2015. – № 7. – С. 11–14.
10. Шайхелисламова М. В., Ситдилов Ф. Г. Нервные и гормональные механизмы регуляции мышечной деятельности школьников. – Казань : Отечество, 2012. – 202 с.

UDC [612.176.4+612.2]:796.015

Yu. S. Vanyushin, R. R. Khayrullin, D. E. Elistratov

**COMPENSATORY-ADAPTIVE REACTIONS
OF CARDIORESPIRATORY SYSTEMS AT DIFFERENT LOAD AREAS**

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

Abstract. The article discusses the cardiorespiratory system, which was studied with the help of complex non-invasive methods of research. It has been established that this system should be considered

© Vanyushin Yu. S., Khayrullin R. R., Elistratov D. E., 2016

Vanyushin, Yuri Sergeevich – Doctor of Biology, Professor, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences (RANS), Head of the Department of Physical Education, Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia; e-mail: kaf.fv.kgau@mail.ru

Khayrullin, Ranis Rafkatovich – Candidate of Biology, Associate Professor of the Department of Physical Education, Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia; e-mail: hai_ranis81@mail.ru

Elistratov, Dmitry Evgenyevich – Candidate of Biology, Associate Professor of the Department of Physical Education, Kazan State Agrarian University, Associate Professor, Kazan, Russia; e-mail: Dima-e-87@mail.ru

The article was contributed on April 20, 2016

as the effector link of functional system of higher-order. This system provides the adaptation of the body to different functional loads. Physiological determinants of this system were the inotropic, chronotropic, circulatory and respiratory reactions.

Keywords: *cardiorespiratory system, types of adaptation, compensatory-adaptation reactions, bi-cycle stress load.*

REFERENCES

1. Abzalov N. I., Abzalov R. A., Nigmatullina R. R. Rezervy nasosnoj funkcii serdca razvivajushhegosja organizma pri gipo- i giperkinezii. – Kazan' : K(P)FU, 2015. – 116 s.
2. Abzalov R. A. Nasosnaja funkcija serdca razvivajushhegosja organizma i dvigatel'nyj rezhim. – Kazan' : TGGPU, 2005. – 277 s.
3. Vanjushin Ju. S., Elistratov D. E. Ispolzovanie sistemnogo podhoda pri obsledovanii funkcional'nogo sostojanija organizma studentov // Sovremennye tendencii razvitija nauki i tehnologii : materialy X Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Belgorod, 2016. – S. 30–32.
4. Vanjushin Ju. S., Sitdikov F. G. Kompensatorno-adaptacionnye reakcii kardiorespiratornoj sistemy pri razlichnyh vidah myshechnoj dejatel'nosti. – Kazan' : Taglimat, 2003. – 128 s.
5. Zemcovskij Je. V. Funkcional'naja diagnostika sostojanija vegetativnoj nervnoj sistemy. – SPb. : Inkart, 2004. – 80 s.
6. Nigmatullina R. R. Kletочно-molekuljarnye mehanizmy funkcionirovanija i reguljaciej serdca. – Kazan' : KGMU, 2004. – 100 s.
7. Sudakov K. V. Sistemnaja organizacija funkcij cheloveka: teoreticheskie aspekty // Uspehi fiziologicheskoi nauki. – 2000. – T. 31, № 1. – S. 81–96.
8. Fedorov N. A., Elistratov D. E., Vanjushin Ju. S. Kompleksnaja ocenka funkcional'nogo sostojanija studentov : uchebnoe posobie dlja prepodavatelej i studentov agrarnyh vuzov. – Kazan' : Otechestvo, 2014. – 86 s.
9. Hajrullin R. R., Vanjushin Ju. S. Kardiorespiratornaja sistema kak indikator funkcional'nogo sostojanija organizma sportsmenov // Teorija i praktika fizicheskoj kul'tury. – 2015. – № 7. – S. 11–14.
10. Shajhelislamova M. V., Sitdikov F. G. Nervnye i gormonal'nye mehanizmy reguljaciej myshechnoj dejatel'nosti shkol'nikov. – Kazan' : Otechestvo, 2012. – 202 s.