

УДК 796.01:612

## ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ПОВЫШАЮЩЕЙСЯ МОЩНОСТИ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПОЛОГИЧЕСКИМИ ОСОБЕННОСТЯМИ КРОВООБРАЩЕНИЯ

<sup>1</sup>Хайруллин Р.Р., <sup>2</sup>Косарева О.В.<sup>1</sup>ГОУ ВПО «Казанский государственный аграрный университет»,  
Казань, e-mail: hai\_ranis@mail.ru;<sup>2</sup>ФГАОУВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Казань,  
e-mail: oksana16116@mail.ru

В зависимости от показателей сердечного индекса спортсмены были разделены на 3 группы по типам кровообращения: гиперкинетический, эукинетический, гипокинетический. При нагрузке повышающейся мощности инотропная реакция сердца была выше в группе спортсменов с гипокинетической особенностью кровообращения. У представителей с гиперкинетической и эукинетической особенностями кровообращения увеличение сердечного выброса происходило в большей степени за счет хронотропной реакции сердца. В группах спортсменов с эукинетической и гипокинетической особенностями кровообращения наблюдалось редкое дыхание, которое компенсировалось высокими показателями дыхательного объема. В группах спортсменов с гиперкинетической особенностью кровообращения на всех ступенях нагрузки отмечалось более частое дыхание с низкими показателями дыхательного объема.

**Ключевые слова:** кардиореспираторная система; гиперкинетический, эукинетический, гипокинетический типы кровообращения; функциональная система; пневмотахограф; велоэргометр

## THE INFLUENCE OF ASCENDING POWER PHYSICAL LOAD ON THE CARDIORESPIRATORY SYSTEM INDEXES OF SPORTSMEN WITH DIFFERENT PECULIARITIES OF BLOOD CIRCULATION

<sup>1</sup>Khairullin R.R., <sup>2</sup>Kosareva O.V.<sup>1</sup>Kazan State University of Agriculture, Kazan, e-mail: hai\_ranis@mail.ru;<sup>2</sup>Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, e-mail: e-mail: oksana16116@mail.ru

Depending on the cardiac indexes the sportsmen were divided into 3 groups according to the types of blood circulation: hyperkinetic, eukinetic, hypokinetic. During the ascending load the inotropic cardiac reaction was higher in the group of sportsmen with the hypokinetic peculiarity of blood circulation. The representatives with hyperkinetic and eukinetic peculiarities of blood circulation have the increasing of cardiac output mainly because of the chronotropic heart reaction. In the group of sportsmen with eukinetic and hypokinetic peculiarities of blood circulation the infrequent respiration was observed, that was compensated by the high indexes of breathing volume. In the groups of sportsmen with hyperkinetic peculiarity of blood circulation more frequent breathing with low indexes of breathing volume was observed at all levels of load.

**Keywords:** cardiorespiratory system; hyperkinetic, eukinetic, hypokinetic types of blood circulation; functional system; pneumotachograph, veloergometer

В середине двадцатого века работы по изучению функций кровообращения и дыхания послужили основой для развития физиологии спорта. На данный период времени эта проблема разрабатывается многими отечественными и зарубежными исследователями [1, 2, 5, 6]. Однако изучение таких вопросов, как адаптация сердца и состояние внешнего дыхания у спортсменов с различными типологическими особенностями кровообращения к нагрузке повышающейся мощности, типы приспособительных реакций кардиореспираторной системы спортсменов к нагрузке повышающейся мощности, остаются до сих пор недостаточными изученными.

**Целью работы явилось** изучение влияния физической нагрузки повышающейся мощности на показатели кардиореспираторной системы спортсменов с различными

типологическими особенностями кровообращения.

### Материалы и методы исследования

В исследованиях приняли участие 105 человек мужского пола в возрасте от 18 до 35 лет.

Для решения поставленных задач были использованы следующие методы: тетраполярной грудной реографии, пневмотахографии и физической нагрузки повышающейся мощности.

Во время выполнения физической нагрузки повышающейся мощности на велоэргометре без пауз отдыха в диапазоне от 50 до 200 Вт дифференциальную реограмму регистрировали методом тетраполярной грудной реографии за 15–20 с до конца каждой ступени нагрузки [3].

Анализировались следующие показатели насосной функции сердца: частота сердечных сокращений (ЧСС), ударный объем крови (УОК), минутный объем кровообращения (МОК).

Для оценки функций дыхания нами был использован прибор пневмотахограф (ПТТЗ–01) Казанского

«Медфизприбора». Контакт испытуемого с прибором осуществлялся через загубник.

Анализу подвергались следующие параметры внешнего дыхания: частота дыхания (ЧД), дыхательный объем (ДО), минутный объем дыхания (МОД).

### Результаты исследования и их обсуждение

Из наших исследований видно, что наибольшее количество спортсменов (51 чел.) относится к гипокинетическому типу кровообращения (ГТК), что составляет 49% от общего количества испытуемых. К эукинетическому типу кровообращения (ЭТК) относится 36 спортсменов, и это составляет

34% всех испытуемых. По результатам наших исследований к гиперкинетическому типу кровообращения (ГрТК) относятся 18 спортсменов, что составляет 17% от общего количества обследуемых спортсменов.

Перед нагрузкой у лиц с ГрТК зарегистрированы наибольшие значения ЧСС и МОК (табл. 1). Лица, имеющие ГТК, характеризуются наименьшими значениями вышеперечисленных показателей, а также УОК. Эукинетический тип кровообращения занимает промежуточное положение, кроме УОК, который в группе спортсменов с ЭТК имеет наибольшее значение.

Таблица 1

Показатели деятельности сердца (ЧСС уд/мин, УОК мл, МОК л/мин) в группах спортсменов с различными типами кровообращения при нагрузке повышающейся мощности

Условия снятия показателей	Показатели	Группы спортсменов		
		ГрТК n = 18	ЭТК n = 36	ГТК n = 51
Исходное состояние	ЧСС	78,53 ± 2,27	68,69 ± 1,38*	62,24 ± 1,36+^
	УОК	76,39 ± 2,62	82,81 ± 1,88*	73,16 ± 1,42^
	МОК	6,64 ± 0,14	5,68 ± 0,08*	4,48 ± 0,07+^
50 Вт	ЧСС	105,09 ± 2,15	95,45 ± 1,71*	88,24 ± 1,59+^
	УОК	106,03 ± 4,97	110,39 ± 3,51	99,95 ± 2,32^
	МОК	11,05 ± 0,48	10,46 ± 0,32	8,77 ± 0,23+^
100 Вт	ЧСС	121,94 ± 2,47	115,65 ± 2,14	107,49 ± 1,26+^
	УОК	111,34 ± 5,01	123,51 ± 3,57*	118,21 ± 2,49
	МОК	13,46 ± 0,50	14,11 ± 0,31	12,64 ± 0,25^
150 Вт	ЧСС	147,14 ± 2,92	136,06 ± 2,59*	128,16 ± 1,56+^
	УОК	114,14 ± 4,61	126,29 ± 3,75*	128,20 ± 2,96+
	МОК	16,70 ± 0,56	16,96 ± 0,39	16,29 ± 0,31
200 Вт	ЧСС	168,04 ± 2,83	157,73 ± 2,71*	150,47 ± 1,86+^
	УОК	110,73 ± 6,55	125,47 ± 3,93	130,22 ± 3,10+
	МОК	18,34 ± 0,84	19,48 ± 0,40	19,40 ± 0,37

Примечание. \* – статистическая достоверность различий между показателями групп спортсменов, относящихся к ГрТК и ЭТК; + – статистическая достоверность различий между показателями групп спортсменов, относящихся к ГрТК и ГТК; ^ – статистическая достоверность различий между показателями групп спортсменов, относящихся к ЭТК и ГТК; \_\_\_\_\_ – порог адекватной гемодинамической реакции.

С повышением мощности выполняемой работы на велоэргометре наблюдалось достоверное увеличение МОК, который по сравнению с предрабочим уровнем вырос в 3–4 раза (см. табл. 1). Полученные нами величины сердечного выброса, соответствуют нагрузке, связанной с использованием более половины аэробной мощности или 60% от МПК [7]. По-видимому, такое увеличение одного из параметров сердечной деятельности физиологически обосновано и направлено, прежде всего, на поддержание оптимального кислородного режима организма спортсменов при мышечной деятельности. Это может свидетельствовать о повышении сократитель-

ной способности миокарда. Соотношение величины сердечного выброса при работе с его значением в преднагрузочном состоянии, может дать представление о функциональном резерве кардиореспираторной системы [1]. Он оказался значительно выше в группах спортсменов с ГТК и составил 433,04%, в группах спортсменов с ЭТК и ГрТК был равен соответственно 342,96 и 276,20%.

Явление, при котором прекращается рост УОК, назвали порогом адекватной гемодинамической реакции [4]. У нас этого порога при нагрузке мощностью в 150 Вт достигли спортсмены с ГТК, спортсмены с ЭТК при нагрузке мощностью в 100 Вт,

а спортсмены с ГрТК при нагрузке мощностью в 50 Вт (см. табл. 1). Вероятно, это обусловлено типологическими особенностями кровообращения у спортсменов.

Как видно из табл. 2, в предрабочем состоянии наиболее редкое дыхание было

отмечено в группе спортсменов с гипокинетической особенностью кровообращения, которое на достоверную величину было меньше, чем в группе спортсменов с гиперкинетической особенностью кровообращения.

**Таблица 2**

Показатели внешнего дыхания (ЧД дых/мин, ДО л, МОД л/мин) в группах спортсменов с различными типами кровообращения при нагрузке повышающейся мощности

Условия снятия показателей	Показатели	Группы спортсменов		
		ГрТК n = 18	ЭТК n = 36	ГТК n = 51
Исходное состояние	ЧД	17,54 ± 0,89	15,40 ± 0,70	15,14 ± 0,44+
	ДО	0,64 ± 0,05	0,76 ± 0,05	0,67 ± 0,03
	МОД	10,60 ± 0,60	11,14 ± 0,56	9,52 ± 0,35
50 Вт	ЧД	22,50 ± 1,07	19,30 ± 0,72*	19,40 ± 0,62+
	ДО	1,18 ± 0,06	1,34 ± 0,05	1,35 ± 0,06+
	МОД	25,80 ± 1,15	25,50 ± 0,70	25,25 ± 1,60
100 Вт	ЧД	22,90 ± 1,20	19,90 ± 0,64*	20,42 ± 0,83
	ДО	1,61 ± 0,08	1,79 ± 0,05*	1,80 ± 0,06
	МОД	35,24 ± 1,24	35,92 ± 0,98	35,34 ± 0,98
150 Вт	ЧД	27,90 ± 1,65	22,56 ± 0,72*	23,90 ± 0,70+
	ДО	1,85 ± 0,11	2,24 ± 0,07*	2,14 ± 0,07
	МОД	48,98 ± 1,90	50,24 ± 1,44	49,12 ± 1,39
200 Вт	ЧД	30,50 ± 1,43	26,05 ± 0,89*	27,03 ± 0,77+
	ДО	2,15 ± 0,10	2,52 ± 0,08*	2,57 ± 0,09+
	МОД	65,00 ± 2,14	65,17 ± 1,90	67,63 ± 1,84

**Примечание.** \* – статистическая достоверность различий между показателями групп спортсменов, относящихся к ГрТК и ЭТК; + – статистическая достоверность различий между показателями групп спортсменов, относящихся к ГрТК и ГТК.

В результате этого МОД был наименьшим в группе спортсменов с гипокинетической особенностью кровообращения. В этом случае можно предположить, что возрастает экономичность и эффективность дыхания.

Работа на велоэргометре мощностью 50 Вт привела к тому, что наименьшие показатели ЧД были зафиксированы в группах спортсменов с эукинетической и гипокинетической особенностями кровообращения, в то время как показатели ДО были наибольшими в этих же группах. Это привело к увеличению в равной степени легочной вентиляции (МОД) во всех группах испытуемых.

При нагрузке мощностью 100 Вт наиболее редкое дыхание наблюдалось в группах спортсменов с эукинетической и гипокинетической особенностями кровообращения. В этих группах ЧД была на достоверную величину меньше, чем в группе спортсменов с гиперкинетической особенностью кровообращения. Показатели ДО были больше в группах с эукинетической и гипокинетической особенностями кровообращения. При этом показатели МОД были одинаковые во всех группах испытуемых. Следовательно,

редкое дыхание компенсировалось большими показателями ДО. Это способствует экономному и эффективному дыханию в группах спортсменов с ЭТК и ГТК.

Нагрузки на велоэргометре мощностью 150 и 200 Вт подтверждают ту закономерность, что нами была выявлена при нагрузках мощностью 50 и 100 Вт, т.е. наименьшие показатели ЧД в группах с эукинетической и гипокинетической особенностями кровообращения компенсировались в этих группах наибольшими значениями ДО, что способствовало одинаковым значениям МОД.

**Заключение**

Таким образом, полученные данные насосной функции сердца свидетельствуют о различном вкладе в величину сердечного выброса показателей УОК и ЧСС у спортсменов с различными типологическими особенностями кровообращения при нагрузке повышающейся мощности. При этом инотропная функция сердца была выше в группе спортсменов с ГТК. Это можно рассматривать как наиболее эффективный механизм проявления срочной адаптации МОК к нагрузке. У представителей с ГрТК

и ЭТК увеличение МОК происходит за счет частоты сердцебиений. Хронотропный механизм повышения сердечного выброса в группе спортсменов с ГрТК начал проявляться с нагрузки мощностью в 50 Вт, а в группе спортсменов с ЭТК – со 100 Вт. При ГрТК адаптация к физической нагрузке идет за счет инотропной и хронотропной функции миокарда без подключения механизма Франка – Старлинга. Что же касается ГТК, то при физической нагрузке подключается механизм Франка – Старлинга, что, несомненно, свидетельствует о более экономичном характере адаптации.

Показатели МОД в группах спортсменов с гиперкинетическими, эукинетическими и гипокинетическими особенностями кровообращения при нагрузке повышающейся мощности были на всех ступенях работы на велоэргометре одинаковые независимо от типа кровообращения. Однако значения МОД в различных группах испытуемых достигались разным сочетанием показателей ЧД и ДО. В группах спортсменов с эукинетическими и гипокинетическими особенностями кровообращения наблюдалось редкое дыхание, которое компенсировалось высокими показателями ДО, что указывает на экономную деятельность аппарата внешнего дыхания. В группах спортсменов с гиперкинетическими особенностями кровообращения на всех ступенях нагрузки отмечалось более частое дыхание с низкими показателями ДО.

### Список литературы

1. Ванюшин Ю.С., Ситдилов Ф.Г. Взаимосвязь показателей гемодинамики и физического развития детей и подростков с различными типами кровообращения // Физиология человека. – 2003. – Т. 29, №3. – С 139–142.
2. Ванюшин М.Ю. Адаптация кардиореспираторной системы спортсменов к физической нагрузке повышающейся мощности: дис. ... канд. биол. наук. – Казань, 2003.
3. Определение сердечного выброса методом тетраполярной реографии и его методологические возможности / Ю.Т. Пушкарь, В.М. Большов, Н.А. Елизарова и др. // Кардиология. – 1977. – С. 85–90.
4. Углов Ф.Г., Гавриленков В.И., Гриценко В.В. Оценка гемодинамической реакции при возрастающей физической нагрузке // Медицинский реф. журнал, – 1982. – № 11. – С. 244.
5. Хайруллин Р.Р. Влияние нагрузки повышающейся мощности на типы адаптации кардиореспираторной системы спортсменов: дис. ... канд. биол. наук. – Казань, 2009.
6. Pelliccia A. Determinants of morphologic cardiac adaptation in elite athletes: the role athletic training and constitutional factors // Int. J. Sports. Med. – 1996. – Vol. 17, Suppl. 3. – S. 157–163.
7. Nose H. et al. Right atrial pressure and forearm blood flow during prolonged exercise in a hot environment // Pflugers. Arch. – 1994. – Vol. 426, № 3–4. – P. 177–182.

### Рецензенты:

Ситдилов Ф.Г., д.б.н., профессор, профессор кафедры анатомии, физиологии и охраны здоровья человека ГОУ ВПО «Татарский государственный гуманитарно-педагогический университет», Министерства образования и науки РФ, г. Казань;

Ванюшин Ю.С., д.б.н., профессор, зав. кафедрой физического воспитания Казанского государственного аграрного университета, г. Казань.

Работа поступила в редакцию 19.07.2011.