

УДК 612.176.4:796

ВЛИЯНИЕ НАГРУЗКИ ПОВЫШАЮЩЕЙСЯ МОЩНОСТИ НА КАРДИОРЕСПИРАТОРНУЮ СИСТЕМУ СПОРТСМЕНОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ КРОВООБРАЩЕНИЯ

Ванюшин М.Ю., Елистратов Д.Е.

ФГОУ ВПО «Казанский государственный аграрный университет», Казань, e-mail: info@kazgau.ru

Изучено влияние нагрузки повышающейся мощности на показатели кардиореспираторной системы спортсменов в зависимости от типов кровообращения. Показано, что инотропная функция сердца выше в группе спортсменов с гипокинетическим типом кровообращения. Это можно рассматривать как наиболее эффективный механизм проявления срочной адаптации минутного объема крови к нагрузке. У представителей с гиперкинетическим и эукинетическим типами кровообращения увеличение минутного объема крови происходило за счет частоты сердечбиений. Хронотропный механизм повышения сердечного выброса в группе спортсменов с гиперкинетическим типом кровообращения начинал проявляться с нагрузки мощностью в 50 Вт, а в группе спортсменов с эукинетическим типом кровообращения – со 100 Вт. Наиболее экономное дыхание отмечалось в группе спортсменов с гипокинетическим типом кровообращения.

Ключевые слова: кардиореспираторная система, спортсмены, типы кровообращения.

THE INFLUENCE OF ASCENDING POWER LOAD ON SPORTSMEN'S CARDIORESPIRATORY SYSTEM WITH VARIOUS TYPES OF BLOOD CIRCULATION

Vanyushin M.Y., Elistratov D.E.

Kazan State Agrarian University, Kazan, e-mail: info@kazgau.ru

The influence of ascending power load on indices of sportsmen's cardiorespiratory system according to types of blood circulation has been studied. It was discovered that inotropic heart function is higher among sportsmen with hypokinetic type of blood circulation. This fact can be considered as the most effective mechanism of manifestation of urgent adaptation of minute blood volume to load. Among sportsmen with hyperkinetic and eukinetic types of blood circulation the minute blood volume was increased due to heartbeat frequency. Chronotropic mechanism of cardiac output increase among sportsmen with hyperkinetic type of blood circulation began to develop starting with load at 50 Watt, among sportsmen with eukinetic type of blood circulation – at the point of 100 Watt. The high breathing efficiency was found in the group of sportsmen with hypokinetic type of blood circulation.

Keywords: cardio-respiratory system, sportsmen, types of blood circulation.

Впервые на типологические особенности кровообращения обратил внимание Н.Н. Савицкий [5]. Взяв за основу величину сердечного индекса (СИ), он выделил три типа кровообращения: гиперкинетический (ГрТК) – с высокими значениями СИ, гипокинетический (ГТК) – с низкими и эукинетический (ЭТК) со средними значениями СИ. В начале 80-х годов И.К. Шхвацабая с соавт. [8], Р.Г. Оганов с соавт. [4] предложили использовать представление о типах кровообращения для оценки состояния центральной гемодинамики у здоровых лиц и решения проблемы гемодинамической нормы. Дальнейшие исследования показали целесообразность использования концепции о типах кровообращения для разработки гемодинамических нормативов и доказали, что представители различных типов отличаются по физиологическим механизмам гемодинамического обеспечения организма и имеют разные адаптационные возможности [3, 6, 7].

Целью наших исследований явилось изучение влияния нагрузки повышающейся мощности на кардиореспираторную си-

стему спортсменов в зависимости от типов кровообращения.

Материалы и методы исследований

Исследования проводились в лаборатории функциональной диагностики на кафедре «Физического воспитания» Казанского государственного аграрного университета.

В исследованиях принимали участие 105 спортсменов-мужчин в возрасте от 18 до 35 лет, занимающихся различными видами спорта и имеющих спортивную квалификацию от мастера спорта до 2 разряда. При разделении спортсменов в зависимости от типологических особенностей кровообращения нами был использован подход, рекомендованный Р.Г. Огановым с соавт. [4], в соответствии с которым по величине сердечного индекса (СИ) были сформированы три однородные группы соответственно трем типам кровообращения. Однородным по определенному признаку считалось такое множество элементов, коэффициент вариации которого не превышал 10%.

Для оценки функциональных возможностей кардиореспираторной системы применялась нагрузка повышающейся мощности на велоэргометре от 50 до 200 Вт без пауз отдыха. По дифференциальной реограмме определялись следующие показатели насосной функции сердца: частота сердечных сокращений (ЧСС), ударный объем крови (УОК) и минутный объем кровообращения (МОК).

Результаты исследований и их обсуждение

Перед нагрузкой самые низкие величины ЧСС отмечались в группе спортсменов с ГТК (табл. 1). По-видимому, данный тип кровообращения способствует совершенствованию деятельности сердца, проявляющемуся, прежде всего, в снижении частоты сердечбиений. В этом случае осу-

ществляется принцип «минимального обеспечения целостной функции» [1]. В указанной группе ЧСС находилась в пределах $62,24 \pm 1,36$ уд./мин, что на достоверную величину меньше, чем в группах спортсменов с ГрТК и ЭТК. Однако уменьшение ЧСС в покое не снижает эффективности кровообращения, а наоборот, расширяет диапазон функциональных возможностей сердца.

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

Примечания:

* – 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.

Величины ударного и минутного объемов крови были больше в группах спортсменов с ЭТК и ГрТК. Вероятно, у спортсменов данных групп отмечались большие объемы левого желудочка, конечно-диастолический диаметр и толщина стенок. На это в своих исследованиях указывает ряд зарубежных авторов [9–10].

В наших исследованиях с повышением мощности выполняемой работы на велоэргометре наблюдалось достоверное увеличение МОК, который по сравнению с предрабочим уровнем вырос в 3–4 раза, и составил у спортсменов с ГрТК $18,34 \pm 0,84$ л/мин, с ЭТК – $19,48 \pm 0,40$ л/мин, а у спортсменов с ГТК – $19,40 \pm 0,37$ л/мин. По-видимому, такое увеличение одного из параметров сердечной деятельности физиологически обоснованно и направлено, прежде всего,

на поддержание оптимального кислородного режима организма при мышечной деятельности. Это может свидетельствовать о повышении сократительной способности миокарда.

В группах спортсменов-мужчин независимо от типологических особенностей кровообращения при увеличении мощности нагрузки от 100 до 200 Вт феномен экономизации кровообращения по показателю сердечного выброса не реализуется, т.к. минутные объемы в исследуемых обеих группах были примерно одинаковые. Это проявляется только при нагрузке мощностью 50 Вт, когда самый низкий показатель МОК отмечался в группе спортсменов с ГТК, и он равнялся $8,77 \pm 0,23$ л/мин, что на достоверную величину меньше, чем в группах спортсменов с ГрТК ($11,05 \pm 0,48$ л/мин)

и ЭТК ($10,46 \pm 0,32$ л/мин). Однако при этом спортсмены с ГТК сохраняли определенные резервы в деятельности сердца: у них меньше была хронотропная реакция сердца на нагрузку, что при возрастающей нагрузке дальнейшее увеличение ЧСС может способствовать значительному росту МОК.

Увеличение сердечного выброса достигалось различным способом. У спортсменов с ГТК возрастание сердечного выброса шло как по пути увеличения ЧСС, так и УОК. Это может рассматриваться в качестве одного из механизмов, который характеризует ГТК. Полагают, что данный механизм является наиболее эффективным.

В наших исследованиях увеличение инотропизма миокарда приводит к росту УОК за счет полного использования базального резервного объема крови и образования дополнительного резервного объема крови [2]. Чем значительнее этот объем, тем в большей степени максимизация УОК будет способствовать увеличению МОК. В результате гемодинамический эффект увеличения УОК перекрывает эффект частоты сердечбиений.

У представителей с ГрТК и ЭТК увеличение МОК происходило в результате хронотропной реакции сердца. При этом хронотропный эффект увеличенной частоты сердечбиений перекрывал инотропный, связанный с неизменностью УОК, что мы и наблюдали в данных группах, начиная с нагрузок мощностью в 50 и 100 Вт.

Выполнение нагрузки на велоэргометре мощностью в 200 Вт привело к дальнейшему росту частоты сердечбиений в исследуемых группах. Данный показатель значительно увеличивался в группе спортсменов с ГрТК и в группе спортсменов с ЭТК, достигая соответственно $168,04 \pm 2,83$ и $157,73 \pm 2,71$ уд./мин. В этих группах повышение МОК происходило в основном за счет хронотропного эффекта, при котором учащение деятельности сердца свидетельствовало о переносимости применяемой нагрузки.

В группах спортсменов с гиперкинетическими, эукинетическими и гипокинетическими особенностями кровообращения при нагрузке повышающейся мощности показатели МОД на всех ступенях работы на велоэргометре были одинаковые независимо от типа кровообращения (табл. 2). Однако значения МОД в различных группах испытуемых достигалось 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 внешнего дыхания. В группах спортсменов с гиперкинетическими особенностями кровообращения на всех ступенях нагрузки отмечалось более частое дыхание с низкими показателями ДО.

Таблица 2

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

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

Примечания:

* – статистическая достоверность различий между показателями групп спортсменов, относящихся к ГрТК и ЭТК;

+ – статистическая достоверность различий между показателями групп спортсменов, относящихся к ГрТК и ГТК.

Заключение

Приведенные данные свидетельствовали 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 происходило за счет частоты сердечбиений. Хронотропный механизм повышения сердечного выброса в группе спортсменов с ГрТК начинал проявляться с нагрузки мощностью в 50 Вт, а в группе спортсменов с ЭТК – со 100 Вт. Наиболее экономное дыхание отмечалось в группе спортсменов с ГТК.

Список литературы

1. Ванюшин М.Ю., Ванюшин Ю.С. Адаптация кардиореспираторной системы спортсменов разных видов спорта и возраста к физической нагрузке. – Казань: Изд-во ООО «Печать-Сервис-XXI век», 2011. – 138 с.
2. Ванюшин Ю.С. Компенсаторно-адаптационные реакции кардиореспираторных систем: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Казань, – 2001. – 46 с.
3. Ванюшин Ю.С., Ситдиков Ф.Г., Хаматова Р.М. Типологические особенности реакций центральной гемодинамики детей и подростков на физическую нагрузку // Казанский медицинский журнал. – 2003. – Т.84, № 3. – С. 215–216.
4. Оганов Р.Г., Бритов А.Н., Гундарев И.А. Дифференцированный подход к разработке физиологических нормативов и его значение для профилактической кардиологии // Кардиология. – 1984. – Т.24, № 4. – С. 52.

5. Савицкий Н.Н. Биофизические основы кровообращения и клинические методы изучения гемодинамики / Н.Н. Савицкий. – Л.: Медицина, 1974. – 307 с.

6. Федоров Н.А., Ванюшин Ю.С. Влияние типологических особенностей кровообращения на показатели насосной функции сердца спортсменов при нагрузке повышающейся мощности // Теория и практика физической культуры. – 2009. – № 10. – С. 10–12.

7. Хайруллин Р.Р. Косарева О.В. Влияние физической нагрузки повышающейся мощности на показатели кардиореспираторной системы спортсменов с различными типологическими особенностями кровообращения // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 10. – С. 393–396.

8. Шхвацабая И.К., Константинов Е.Н., Гундарев И.А. О новом подходе к пониманию гемодинамической нормы // Кардиология. – 1981. – Т.21, № 3. – С. 10–14.

9. Braun I.T. Physiologic versus pathologic hypertrophy: endurance exercise and chronic pressure overload // J. Cardiovasc. Nurs. – 1994. – Vol. 8, № 4. – P. 39–56.

10. Urbansen A. Sports-specific adaptation of left ventricular muscle mass in athletes heart: An echocardiographic study with 400-m runners and soccer players/. A. Urbansen, T. Monz, W. Kindermann // Int. J. Sports. Med. – 1996. – Vol. 17, Suppl. 3. – S. 152–156.

Рецензенты:

Вахитов И.Х., д.б.н., профессор, зав. кафедрой медико-биологических основ физической культуры ФГАОУ ВПО «Казанский федеральный университет», Министерство образования и науки РФ, г. Казань;

Ситдиков Ф.Г., д.б.н., профессор, профессор кафедры анатомии, физиологии и охраны здоровья человека ФГБОУ ВПО «Казанский федеральный университет» Министерство образования и науки РФ, г. Казань.

Работа поступила в редакцию 30.12.2011.