

УДК [796.01:612.176.4]:616-072.7

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

## ДИАГНОСТИКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СПОРТСМЕНОВ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ

*Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия*

**Аннотация.** В статье рассматривается один из способов диагностики функционального состояния спортсменов, осуществляемый по показателям кардиореспираторной системы. Изменение функционального состояния организма спортсменов во время физической нагрузки происходит преимущественно в подсистемах, наиболее активно участвующих в обеспечении выполняемых человеком двигательных действий, что зависит от их возрастных особенностей. Это позволит целенаправленно применять физические нагрузки в учебно-тренировочном процессе, учитывая особенности функционального состояния организма спортсменов разных возрастных групп.

**Ключевые слова:** кардиореспираторная система, газообмен, повышающаяся нагрузка, велоэргометр, адаптация.

**Актуальность исследуемой проблемы.** Исходя из теории функциональных систем, во время мышечной деятельности происходит активное «...взаимодействие вегетативных функций конечному результату» [1], [8]. Одной из таких функциональных систем является кардиореспираторная, от деятельности которой во многом зависят физическая и умственная работоспособность организма, спортивные результаты и здоровье спортсмена [2], [3]. Полезным приспособительным результатом этой системы является обеспечение организма кислородом, особенно в видах спорта, связанных с развитием выносливости. Поэтому одним из путей повышения спортивных результатов в этих видах спорта является расширение функциональных возможностей кардиореспираторной системы [4], [5].

---

© Ванюшин Ю. С., Хайруллин Р. Р., Елистратов Д. Е., 2017

*Ванюшин Юрий Сергеевич* – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Физическое воспитание» Казанского государственного аграрного университета, г. Казань, Россия; e-mail: kaf.fv.kgau@mail.ru

*Хайруллин Ранис Рафкатович* – кандидат биологических наук, доцент кафедры «Физическое воспитание» Казанского государственного аграрного университета, г. Казань, Россия; e-mail: hai\_ranis81@mail.ru

*Елистратов Дмитрий Евгеньевич* – кандидат биологических наук, доцент кафедры «Физическое воспитание» Казанского государственного аграрного университета, г. Казань, Россия; e-mail: Dima-e-87@mail.ru

Статья поступила в редакцию 01.12.2016

Целью исследований явилось определение функционального состояния организма спортсменов по комплексу взаимосвязанных физиологических реакций кардиореспираторной системы при нагрузке повышающейся мощности для выявления механизмов адаптации.

**Материал и методика исследований.** Нами комплексно изучались срочные адаптационные реакции кардиореспираторной системы спортсменов, специализирующихся в видах спорта на выносливость, разных возрастных групп и спортивной квалификации. Для определения частоты сердечных сокращений (ЧСС) и ударного объема крови (УОК) применялся метод тетраполярной грудной реографии по В. Г. Кубичеку с соавторами (1966) в модификации Ю. Т. Пушкаря с соавторами (1977). Минутный объем кровообращения (МОК), индекс кровообращения (ИК) и сердечный индекс (СИ) находились расчетным путем [9]. Показатели внешнего дыхания – частота дыхания (ЧД), дыхательный объем (ДО), минутный объем дыхания (МОД) – определялись пневмотахографическим способом и расчетным путем. Коэффициент использования кислорода (КИО<sub>2</sub>) вычислялся расчетным путем с помощью показателей газообмена с применением газоанализатора АК-5 [10]. В качестве физической нагрузки использовалась работа на велоэргометре ступенчато-повышающейся мощности от 50 до 200 Вт без пауз для отдыха. Длительность каждой ступени составляла 4 минуты. Скорость вращения педалей была 60 об/мин.

В исследованиях принимали участие спортсмены мужского пола в возрасте от 15 до 60 лет в количестве 72 человек. В зависимости от возраста испытуемые были распределены на 4 группы: 1 группа – спортсмены-подростки в возрасте 15–16 лет в количестве 11 человек; 2 группа – спортсмены-юноши в возрасте 17–21 года в количестве 22 человек; 3 группа – спортсмены-мужчины в возрасте 22–35 лет в количестве 20 человек; 4 группа – спортсмены-мужчины в возрасте 36–60 лет в количестве 19 человек.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Одним из механизмов, направленных на удовлетворение кислородного запроса организма при мышечной деятельности, является внешнее дыхание, причисленное к факторам, лимитирующим возможность достижения высоких спортивных результатов.

Наиболее эффективным механизмом обеспечения организма кислородом принято считать увеличение сердечного выброса. Однако результаты, полученные нами [2], [9], свидетельствуют о снижении прироста МОК при переходе от одной нагрузки к другой, который вследствие недостаточно полной диастолы и недостаточно увеличенной интенсивности сокращений сердечной мышцы достигается неэкономным путем – за счет роста ЧСС при ограниченном увеличении ударного выброса. Совершенство функций сердца в этом случае лимитировано интенсивностью основных процессов, определяющих сократительные возможности сердечной мышцы: возбуждения, сопряжения возбуждения с сокращением и расслаблением, энергообеспечения кардиомиоцита и мощностью структур, обеспечивающих эти процессы [6], [7].

На уровне системы дыхания адаптация характеризуется максимальной мобилизацией внешнего дыхания, которая проявляется ростом легочной вентиляции вследствие увеличения как частоты, так и глубины дыхания. Наибольшие величины легочной вентиляции были зафиксированы в группах подростков 15–16 лет и взрослых спортсменов в возрасте 36–60 лет (табл. 1).

Таблица 1

## Показатели внешнего дыхания в группах подростков (1), юношей (2) и взрослых спортсменов (3, 4) при нагрузке повышающейся мощности

Нагрузка	Показатели	Группы спортсменов			
		1	2	3	4
Исходное состояние	ЧД	18,09±1,28	17,04±0,59	15,12±0,48	13,75±0,68 <sup>vx*</sup>
	ДО	0,56±0,05	0,61±0,03	0,64±0,04	0,76±0,04 <sup>vx*</sup>
	МОД	9,73±0,81	10,24±0,40	9,59±0,61	10,15±0,47
50 Вт	ЧД	22,81±1,82	20,80±0,86	19,04±0,82	19,42±0,51
	ДО	1,17±0,08	1,12±0,04	1,24±0,04	1,41±0,05 <sup>vx*</sup>
	МОД	25,76±1,74	22,85±0,87	23,41±1,00	27,25±1,01 <sup>x*</sup>
100 Вт	ЧД	26,09±2,02	22,35±0,99	20,02±0,75*	19,04±1,17 <sup>vx</sup>
	ДО	1,58±0,09	1,56±0,06	1,67±0,05	1,93±0,07 <sup>vx*</sup>
	МОД	40,35±3,04	33,11±1,27 <sup>+</sup>	33,50±1,44*	37,87±0,89 <sup>x*</sup>
150 Вт	ЧД	30,19±1,78	25,00±0,94 <sup>+</sup>	21,47±1,00* <sup>o</sup>	23,83±0,89 <sup>v</sup>
	ДО	1,83±0,10	1,88±0,07	2,20±0,08* <sup>o</sup>	2,42±0,11 <sup>vx</sup>
	МОД	54,15±3,21	45,96±1,28 <sup>+</sup>	46,49±1,60*	56,55±2,15 <sup>x*</sup>
200 Вт	ЧД	33,00±2,28	27,46±0,85 <sup>+</sup>	24,35±1,13* <sup>o</sup>	27,78±1,08 <sup>v*</sup>
	ДО	2,13±0,11	2,20±0,07	2,49±0,09* <sup>o</sup>	2,77±0,12 <sup>vx</sup>
	МОД	68,57±3,84	59,34±1,48 <sup>+</sup>	59,55±1,79*	75,65±3,26 <sup>x*</sup>

Статистическая достоверность различий: <sup>+</sup> – между первой и второй группами спортсменов; \* – между первой и третьей группами спортсменов; <sup>v</sup> – между первой и четвертой группами спортсменов; <sup>o</sup> – между второй и третьей группами спортсменов; <sup>x</sup> – между второй и четвертой группами спортсменов; • – между третьей и четвертой группами спортсменов. В таблицах 2 и 3 аналогично.

По-видимому, механизм, связанный с увеличением внешнего дыхания во время выполнения нагрузки повышающейся мощности на велоэргометре в этих группах, является доминирующим, и физическая работоспособность обеспечивается значительным напряжением кардиореспираторной системы. При этом наблюдаются различные пути достижения максимальных величин легочной вентиляции: в группе подростков это происходит за счет увеличения частоты дыхания; в группе взрослых спортсменов – в результате увеличения глубины дыхания. Данный факт объясним с точки зрения возрастных особенностей развития организма, так как к 16 годам завершается морфофункциональное формирование системы дыхания, и учебно-тренировочный процесс в этом возрасте должен быть ориентирован на развитие потенциала системы дыхания, что будет способствовать повышению аэробной производительности организма. Необходимо отметить, что полученные нами результаты легочной вентиляции не являются критерием достаточно высокого уровня тренированности, так как при этом возрастает кислородная и энергетическая стоимость дыхания. В этих условиях адаптация к физическим нагрузкам лучше всего реализуется путем активации и повышения эффективности системы транспорта и утилизации кислорода. Об этом свидетельствуют достоверно большие величины индекса кровообращения и сердечного индекса в группе юношей в возрасте 17–21 лет (табл. 2).

Таблица 2

Изменение индекса кровообращения (ИК, мл/кг), сердечного индекса (СИ, мл/мин/м<sup>2</sup>) в группах подростков (1), юношей (2) и взрослых спортсменов (3, 4) при нагрузке повышающейся мощности

Нагрузка	Показатели	Группы спортсменов			
		1	2	3	4
Исходное состояние	ИК	90,15±7,32	74,50±3,42	72,97±2,38*	75,36±4,59
	СИ	3,01±0,22	2,78±0,13	2,78±0,09	2,84±0,15
50 Вт	ИК	159,78±12,37	148,08±7,97	137,69±6,15	128,78±7,48 <sup>v</sup>
	СИ	5,34±0,38	5,41±0,29	5,24±0,23	4,86±0,26
100 Вт	ИК	197,93±11,98	203,80±5,72	187,87±7,01	176,66±6,91 <sup>x</sup>
	СИ	6,63±0,34	7,45±0,21	7,14±0,24	6,68±0,23
150 Вт	ИК	231,03±13,82	260,05±7,90	243,38±10,67	233,48±6,16 <sup>x</sup>
	СИ	7,76±0,42	9,49±0,26 <sup>+</sup>	9,24±0,35*	8,85±0,22 <sup>v</sup>
200 Вт	ИК	234,69±17,83	312,48±7,19 <sup>+</sup>	278,17±9,81 <sup>o</sup>	267,95±7,12 <sup>x</sup>
	СИ	7,96±0,58	11,42±0,25 <sup>+</sup>	10,58±0,33* <sup>o</sup>	10,18±0,28 <sup>vx</sup>

В группе взрослых спортсменов в возрасте 22–35 лет при одинаковом потреблении кислорода во время выполнения нагрузки повышающейся мощности возрастают величины КИО<sub>2</sub> (табл. 3).

Таблица 3

Показатели потребления кислорода (V<sub>O2</sub>), коэффициента использования кислорода (КИО<sub>2</sub>), минутного объема кровообращения (МОК) в группах подростков (1), юношей (2) и взрослых спортсменов (3, 4) при нагрузке повышающейся мощности

Нагрузка	Показатели	Группы спортсменов			
		1	2	3	4
Исходное состояние	V <sub>O2</sub>	0,20±0,02	0,23±0,01	0,22±0,01	0,23±0,01
	КИО <sub>2</sub>	21,36±1,98	22,73±0,82	23,71±1,15	22,44±0,61
	МОК	4,77±0,28	4,95±0,24	5,29±0,19	5,23±0,27
50 Вт	V <sub>O2</sub>	0,73±0,06	0,77±0,03	0,81±0,04	0,87±0,03 <sup>vx</sup>
	КИО <sub>2</sub>	28,52±1,86	34,30±1,37	34,76±1,03	32,35±0,81
	МОК	8,46±0,50	9,62±0,49	9,95±0,44*	8,88±0,42
100 Вт	V <sub>O2</sub>	1,32±0,10	1,33±0,06	1,34±0,07	1,46±0,04
	КИО <sub>2</sub>	33,39±2,02	39,45±1,43 <sup>+</sup>	39,85±1,30*	38,18±0,93 <sup>v</sup>
	МОК	10,53±0,41	13,30±0,38 <sup>+</sup>	13,59±0,39*	12,22±0,42 <sup>v</sup>
150 Вт	V <sub>O2</sub>	1,93±0,13	1,97±0,07	1,98±0,06	2,20±0,08 <sup>x*</sup>
	КИО <sub>2</sub>	36,35±2,56	43,31±1,28 <sup>+</sup>	43,36±1,20*	39,89±1,03 <sup>x*</sup>
	МОК	12,35±0,56	16,92±0,43 <sup>+</sup>	17,44±0,54*	16,28±0,47 <sup>v</sup>
200 Вт	V <sub>O2</sub>	2,76±0,10	2,62±0,09	2,81±0,07	3,01±0,10 <sup>x</sup>
	КИО <sub>2</sub>	40,82±1,64	44,30±1,00	47,64±1,17* <sup>o</sup>	40,37±1,21 <sup>x*</sup>
	МОК	12,90±0,87	20,38±0,46 <sup>+</sup>	20,03±0,57*	18,93±0,69 <sup>v</sup>

**Резюме.** Процесс адаптации и изменения функционального состояния организма спортсменов происходит преимущественно в подсистемах, наиболее активно участвующих в обеспечении выполняемых человеком двигательных действий. К наиболее совершенным следует отнести механизмы, связанные с увеличением показателей МОК и КИО<sub>2</sub>, зависящие от возраста занимающихся спортом. Выявленные возрастные особенности обеспечения организма кислородом позволят целенаправленно использовать физические нагрузки в учебно-тренировочном процессе, решать задачи по формированию и развитию двигательных качеств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анохин П. К. Узловые вопросы теории функциональной системы. – М. : Наука, 1980. – 197 с.
2. Ванюшин Ю. С., Елистратов Д. Е. Использование системного подхода при обследовании функционального состояния организма студентов // Современные тенденции развития науки и технологий : материалы XII Международной научно-практической конференции / под общ. ред. Е. П. Ткачевой. – Белгород, 2016. – С. 57–59.
3. Ванюшин Ю. С., Ситдииков Ф. Г. Компенсаторно-адаптационные реакции кардиореспираторной системы при различных видах мышечной деятельности. – Казань : Таглитат, 2003. – 128 с.
4. Ванюшин Ю. С., Хайруллин Р. Р., Елистратов Д. Е. Компенсаторно-адаптационные реакции кардиореспираторной системы при различных зонах нагрузки // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. – 2016. – № 4(92). – С. 9–14.
5. Ванюшин Ю. С., Хайруллин Р. Р. Кардиореспираторная система в онтогенезе при адаптации к функциональным нагрузкам. – Казань : Изд-во КГАУ, 2016. – 200 с.
6. Меерсон Ф. З., Пиенникова М. Г. Адаптация к стрессовым ситуациям и физическим нагрузкам. – М. : Медицина, 1988. – 256 с.
7. Павлов И. П. Избранные труды / под общ. ред. акад. Ю. В. Наточина. – М. : Медицина, 1999. – 445 с.
8. Судаков К. В. Физиология. Основы и функциональные системы : курс лекций. – М. : Медицина, 2000. – 784 с.
9. Федоров Н. А., Елистратов Д. Е., Ванюшин Ю. С. Комплексная оценка функционального состояния студентов. – Казань : Отечество, 2014. – 86 с.
10. Хайруллин Р. Р., Ванюшин Ю. С. Кардиореспираторная система как индикатор функционального состояния организма спортсменов // Теория и практика физической культуры. – 2015. – № 7. – С. 11–14.

UDC [796.01:612.176.4]:616-072.7

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

**DIAGNOSTICS OF FUNCTIONAL STATE OF ATHLETES  
ON INDICATORS OF CARDIORESPIRATORY SYSTEM**

*Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia*

**Abstract.** The article discusses one of the ways of diagnostics of the functional state of athletes. This diagnostics was carried out on the indicators of the cardiorespiratory system. The change in the functional state of athletes during physical activity occurs mainly in the subsystems that are most actively in-

---

© Vanyushin Yu. S., Khayrullin R. R., Elistratov D. E., 2017

*Vanyushin, Yury Sergeevich* – Doctor of Biology, Professor, Head of the Department of Physical Education, Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia; e-mail: kaf.fv.kgau@mail.ru

*Khairullin, 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, Kazan, Russia; e-mail: Dima-e-87@mail.ru

The article was contributed on December 01, 2016

volved in the motor actions performed by the human, which depends on the age characteristics. This will contribute to purposefully use the exercise in a training process using the features of functional state of sportsmen's bodies of different age groups.

**Keywords:** *cardiorespiratory system, gas exchange, increasing workload, ergometer, adaptation.*

#### REFERENCES

1. *Anohin P. K. Uzlovyje voprosy teorii funkcional'noj sistemy.* – M. : Nauka, 1980. – 197 s.
2. *Vanjushin Ju. S., Elistratov D. E. Ispol'zovanie sistemnogo podhoda pri obsledovanii funkcional'nogo sostojanija organizma studentov // Sovremennye tendencii razvitija nauki i tehnologij : materialy XII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii / pod obshh. red. E. P. Tkachevoj.* – Belgorod, 2016. – S. 57–59.
3. *Vanjushin Ju. S., Sitdikov F. G. Kompensatorno-adaptacionnye reakcii kardiorespiratornoj sistemy pri razlichnyh vidah myshechnoj dejatel'nosti.* – Kazan' : Taglimat, 2003. – 128 s.
4. *Vanjushin Ju. S., Hajrullin R. R., Elistratov D. E. Kompensatorno-adaptacionnye reakcii kardiorespiratornoj sistemy pri razlichnyh zonah nagruzki // Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. I. Ja. Jakovleva.* – 2016. – № 4(92). – S. 9–14.
5. *Vanjushin Ju. S., Hajrullin R. R. Kardiorespiratornaja sistema v ontogeneze pri adaptacii k funkcion-al'nym nagruzkam.* – Kazan' : Izd-vo KGAU, 2016. – 200 s.
6. *Meerson F. Z., Pshennikova M. G. Adaptacija k stressovym situacijam i fizicheskim nagruzkam.* – M. : Medicina, 1988. – 256 s.
7. *Pavlov I. P. Izbrannye trudy / pod obshh. red. akad. Ju. V. Natochina.* – M. : Medicina, 1999. – 445 s.
8. *Sudakov K. V. Fiziologija. Osnovy i funkcional'nye sistemy : kurs lekcij.* – M. : Medicina, 2000. – 784 s.
9. *Fedorov N. A., Elistratov D. E., Vanjushin Ju. S. Kompleksnaja ocenka funkcional'nogo sostojanija studentov.* – Kazan' : Otechestvo, 2014. – 86 s.
10. *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.