

КОМПЛЕКСНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА АДАПТАЦИИ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ

Ю.С. Ванюшин¹, Д.Е. Елистратов², Н.А. Федоров³

¹ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», кафедра «Теория и методика лыжного спорта» Казань, Россия

^{2,3}ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», кафедра «Физическое воспитание» Казань, Россия

ЮСВ: <https://orsid.org/0000-0003-2667-6124>; kaf.fv.kgau@mail.ru, ДЕЕ: <https://orsid.org/0000-0002-9018-1989>, kaf.fv.kgau@mail.ru, НАФ: <https://orsid.org/0000-0002-6515-0451>; nik-f-84@mail.ru

COMPREHENSIVE STUDY OF THE ADAPTATION PROCESS CARDIORESPIRATORY SYSTEM

Yu.S. Vanyushin¹, D.E. Elistratov², N.A. Fedorov³

¹Volga State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Department of Theory and Methods of Skiing Kazan, Russia

^{2,3}Kazan State Agrarian University, Department of Physical Education Kazan, Russia

Резюме: Целью исследования явилось выявить особенности аэробной системы энергообеспечения, как результат деятельности кардиореспираторной системы. Испытуемыми были спортсмены, занимающиеся видами спорта на выносливость, и составившие в зависимости от возраста следующие группы испытуемых: 15-16 лет, 17-21 лет, 22-35 лет и 36-60 лет. Все они выполняли работу на велоэргометре мощностью 50, 100, 150 и 200 Вт., каждая ступень нагрузки длилась 3 минуты. У спортсменов в возрасте 15-16 и 36-60 лет по результатам наших исследований целесообразно развивать систему внешнего дыхания, направленную на увеличения МОД, т.к. в этом случае лучше функционирует аэробный способ энергообеспечения. У спортсменов в возрасте 17-21 лет систему кровообращения, увеличивающие показатели насосной функции сердца (УОК, МОК), которые отражаются на способности сердца выбрасывать больший объем крови. У спортсменов в возрасте 22-35 лет – газообменную функцию, связанную с увеличением коэффициента использования кислорода (КИО₂), который является наиболее оптимальным.

Ключевые слова: кардиореспираторная система, дыхание, кровообращение, газообмен, спортсмены.

DOI: 10.25792/HN.2022.10.2.S1.32-35

Для цитирования: Ванюшин Ю.С., Елистратов Д.Е., Федоров Н.А. Комплексное изучение процесса адаптации кардиореспираторной системы. *Head and neck. Russian Journal.* 2022;10(2, Прил.1): 32-35

Abstract: The aim of the study was to identify the features of the aerobic energy supply system as a result of the activity of the cardiorespiratory system. The subjects were athletes involved in endurance

sports, and, depending on age, the following groups of subjects were formed: 15-16 years old, 17-21 years old, 22-35 years old and 36-60 years old. All of them performed work on a bicycle ergometer with a power of 50, 100, 150 and 200 watts, each load step lasted 3 minutes. In athletes aged 15-16 and 36-60 years, according to the results of our research, it is advisable to develop an external respiration system aimed at increasing the MOD, because, in this case, the aerobic way of energy supply functions better. In athletes aged 17-21 years, the circulatory system increases the indicators of the pumping function of the heart (SVK, MOK), which are reflected in the ability of the heart to eject a larger volume of blood. Athletes aged 22-35 years have a gas exchange function associated with an increase in the oxygen utilization factor (OUC₂), which is the most optimal.

Key words: cardiorespiratory system, breath, circulation, gas exchange, athletes.

For citations: Vanyushin Yu.S., Elistratov D.E., Fedorov N.A. Comprehensive study of the adaptation process cardiorespiratory system. *Head and neck. Russian Journal.* 2022;10(2, Suppl.1): 32-35 (In Russian).

Введение. Функциональные системы, их функции целесообразно рассматривать в связи с представлениями об особенностях и закономерностях развития процесса адаптации [1, 6, 7]. В самих функциональных системах происходят преобразования, способствующие процессу адаптации [5, 8, 9], т.е. наблюдается взаимосвязь между функциональными системами и процессом адаптации.

Адаптация, как процесс приспособления функциональных систем к двигательной деятельности, на протяжении десятилетий притягивал к себе многочисленные умы ученых. Это основывалось на подходах П.К.Анохина [1] при изучении функциональных систем и концепции А.А. Ухтомского [10] о доминирующем очаге

возбуждения в ЦНС, готовности организма к определенному виду деятельности при торможении других незначительных на данный период времени очагов возбуждения. П.К. Анохин [1] считал, что «под функциональной системой понимается такая динамическая организация структур и процессов организма, которая вовлекает их независимо от анатомической, тканевой и физиологической определенности». По его мнению, в этом случае одним из критериев вовлечения составляющих в ту или иную систему является «способность содействовать получению конечного приспособительного результата».

В настоящее время одной из важнейших функциональных систем, способных содействовать получению конечного приспособительного результата, а именно, обеспечению организма кислородом, является кислородтранспортная, или система, представляющая совокупность функций дыхания и кровообращения, т.е. кардиореспираторная система. Ее следует отнести к системам первого типа, деятельность которых направлена на поддержания постоянства внутренней среды организма. Системы второго типа способствуют осуществлению поведенческих актов, что является важной составляющей не только для оптимизации процесса спортивной подготовки, но и для развития всей теории и практики физического воспитания и спорта [8].

Рассматривая кардиореспираторную систему, необходимо обратить внимания на то, что ее деятельность связана с аэробным энергообеспечением, имеющим значение для развития и совершенствования выносливости. Особенно, если спортивные упражнения имеют отношения к циклическим видам спорта. При аэробной системе энергообеспечения образование АТФ в мышцах (митохондриях) происходит при участии кислорода. В результате этого наблюдается высокая экономичность и отсутствуют вредные продукты распада. Такие недостатки отмечаются при анаэробной алактатной и анаэробной лактатной системах энергообеспечения [8].

Целью исследования явилось выявить особенности аэробной системы энергообеспечения, как результат деятельности кардиореспираторной системы, в зависимости от возраста, занимающихся циклическими видами спорта спортсменов, при велоэргометрическом тестировании.

Испытуемые и методы исследования. Испытуемыми были спортсмены, занимающиеся видами спорта на выносливость, и составившие в зависимости от возраста следующие группы испытуемых: 15-16 лет, 17-21 лет, 22-35 лет и 36-60 лет. Все они выполняли работу на велоэргометре мощностью 50, 100, 150 и 200 Вт. Каждая ступень

нагрузки длилась 3 минуты, во время которой записывалась дифференциальная реограмма по Кубичеку, в модификации Ю.С.Ванюшина с соавт. [2, 3], и определялись показатели сердечно-сосудистой системы: частота сердечных сокращений (ЧСС), ударный объем крови (УОК), минутный объем кровообращения (МОК). При помощи пневмотахографа определялись показатели внешнего дыхания: частота дыхания (ЧД), дыхательный объем (ДО), минутный объем дыхания (МОД). Коэффициент использования кислорода (КИО₂) вычисляли по общепринятой формуле:

$$KI_{O_2} = \frac{VO_2}{VE},$$

где: VO₂ - потребление кислорода, VE – минутный объем дыхания.

Результаты исследования и их обсуждение. При анализе деятельности функциональных систем первого типа, которые относятся к гомеостатическим, следует обратить внимание на кардиореспираторную систему, работа которой направлена на обеспечение организма кислородом, необходимого для аэробного энергообеспечения. Данное обстоятельство играет ключевую роль для развития и совершенствования общей выносливости. Особенно, это касается тех спортсменов, которые занимаются циклическими видами спорта, связанными с развитием выносливости, а также тех, кто заботится о своем здоровье, развивая выносливость для улучшения физической работоспособности и повышения уровня жизнедеятельности. Поэтому при комплексном изучении процесса адаптации кардиореспираторной системы спортсменов нами не случайно был выбран такой широкий возрастной диапазон от 15 до 60 лет.

В предыдущих исследованиях [4] рассматривалось несколько направлений, связанных с изучением кардиореспираторной системы. В этой работе мы хотим остановиться на направлении, которое актуально для спортсменов, развивающих выносливость, а именно, снабжение их организма кислородом для процесса энергообеспечения путем аэробных реакций. С этой целью нами был выбран контингент испытуемых, занимающихся видами спорта на выносливость, и была предложена тестирующая нагрузка в виде работы на велоэргометре от 50 до 200 Вт. Через каждые 50 Вт и 3 минуты нагрузка постепенно повышалась, что, на наш взгляд, будет способствовать выявлению

При мышечной деятельности, как известно, отмечается активность почти всех висцеральных систем организма, что связано с усилением оксигенации и притока питательных веществ к работающим мышцам. Следовательно, возможности кислородтранспортной системы возрастают, что отражается на способности сердца, как насоса,

перекачивать значительный объем крови и работе системы дыхания.

Наиболее предпочтительным ответом у спортсменов 22-35 лет оказалась реакция с повышением коэффициента использования кислорода (КИО₂), что свидетельствует о более рациональном энергообеспечении организма спортсменов при выполнении работы на выносливость.

Следующим видом реакции, способным удовлетворить кислородный запрос при работе на велоэргометре, оказалось увеличение показателей сердечно-сосудистой системы, к которым мы отнесли минутный объем кровообращения (МОК). Это отмечалось у спортсменов-юношей в возрасте 17-21 лет, что составляло $20,38 \pm 0,46$ л/мин при нагрузке мощностью 200 Вт. У спортсменов высокой квалификации этот показатель, как правило, достигает 40-45 л/мин. Отсюда можно сделать вывод, что в наших исследованиях нагрузка мощностью 200 Вт не является достаточно интенсивной или спортсмены-юноши пока не достигли уровня высокого мастерства в циклических видах спорта, развивающих выносливость.

Менее значимым ответом на выполнение нагрузки при велоэргометрическом тестировании, мы считаем увеличение показателей внешнего дыхания, основным требованием которых является поддержание газового гомеостаза плазмы артериальной крови, адекватного метаболическим потребностям организма при физической нагрузке. К таким показателям следует отнести значительное увеличение МОД. Эту реакцию со стороны дыхательной системы мы наблюдали у подростков в возрасте 15-16 лет и спортсменов-ветеранов в возрасте 36-60 лет. Это характеризует деятельность их организма со стороны кардиореспираторной системы, как неэкономную, способную к затрачиванию значительных запасов кислородтранспортной системы, в частности, кислорода, который значительно расходуется на работу скелетных мышц дыхательной системы.

Поэтому рассматриваемый нами последний тип аэробного энергообеспечения считается малоэффективным. Однако возрастные особенности созревания отдельных звеньев кардиореспираторной системы не всегда позволяют использовать другие способы обеспечения организма кислородом при двигательной деятельности. В связи с этим у подростков-спортсменов 15-16 лет необходимо развивать и совершенствовать дыхательные возможности кислородтранспортной системы для выполнения нагрузок аэробного характера, адекватного требованиям организма.

Заключение. Таким образом, комплексное изучение процесса адаптации кардиореспираторной

системы спортсменов разного возраста, занимающихся видами спорта на выносливость, позволило нам выявить возможности аэробного способа энергообеспечения, который зависит от возраста спортсменов. У спортсменов в возрасте 15-16 и 36-60 лет по результатам наших исследований целесообразно развивать систему внешнего дыхания, направленную на увеличения МОД, т.к. в этом случае лучше функционирует аэробный способ энергообеспечения. У спортсменов в возрасте 17-21 лет систему кровообращения, увеличивающие показатели насосной функции сердца (УОК, МОК), которые отражаются на способности сердца выбрасывать больший объем крови. Это положительно скажется на аэробном способе энергообеспечения. У спортсменов в возрасте 22-35 лет – газообменную функцию, связанную с увеличением коэффициента использования кислорода (КИО₂), который является наиболее оптимальным. У спортсменов данного возраста, по видимому, целесообразно развивать именно этот способ энергообеспечения.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ /REFERENCES

1. Anokhin P.K. Nodal questions of the theory of a functional system. P.K. Anokhin. M.: Nauka, 1980. – 197 p.
2. Vanyushin Yu.S., Khairullin R.R. The cardiorespiratory system as an indicator of the functional state of the body of athletes. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*. 2015; 7: 11-14.
- 3 Vanyushin Yu.S., Khairullin R.R., Elistratov D.E. The value of the coefficient of the complex assessment of the cardiorespiratory system for the diagnosis of the functional state of athletes. *Theory and Practice of Physical Culture*. 2017; 5: 59-61.
4. Vanyushin Yu.S., Khairullin R.R., Elistratov D.E., Fedorov N.A. Adaptation of the cardiorespiratory system of athletes to motor activity. *Theory and practice of physical culture*. 2020. 2: 30-32.
5. Ivanova N.V. Factors that determine the functional state of the cardiorespiratory system of athletes. *Theory and practice of physical culture*. 2013; 5: 108-111.
6. Olyashev N.V., Varentsova I.A., Pushkina V.N. Indicators of the cardiorespiratory system in young men with different types of blood circulation. *Ecological Physiology*. 2014; 4: 28-33.
7. Pavlov I.P. Selected works. Under the general editorship of Yu.V. Natochina. M.: Medicine. 1999. 445 p.
8. Platonov, V.N. Motor qualities and physical training of athletes. M.: Sport, 2019. 656 p.

9. Sudakov K.V. Physiology. Fundamentals and functional systems: a course of lectures. M., Medicine. 2000. 784 p.
10. Ukhtomsky A.A. Dominant. St. Petersburg: Peter, 2002. 448 p.

Таблица 1. Показатели комплексного исследования процесса адаптации кардиореспираторной системы спортсменов, разного возраста, занимающихся видами спорта на выносливость. Примечание. + - стат. достоверность различий между 1 и 2 группами; * - стат. достоверность между 1 и 3 группами; v - стат. достоверность между 1 и 4 группами; o - стат. достоверность между 2 и 3 группами; x - стат. достоверность между 2 и 4 группами; v - стат. достоверность между 3 и 4 группами.

Нагрузка	Показатели	Группы спортсменов			
		15-16 лет	17-21 лет	22-35 лет	36-60 лет
Исходное состояние	ЧСС	77.51±4.63	62.20±2.14 ⁺	65.29±2.19 [*]	65.40±2.07 ^v
	УОК	62.55±3.55	79.37±2.22 ⁺	82.28±3.21 [*]	79.32±2.52 ^v
	МОК	4.77±0.28	4.95±0.24	5.29±0.19	5.23±0.27
	МОД	9.37±0.81	10.24±0.40	9.59±0.61	10.15±0.47
	КИО ₂	21.36±1.98	22.73±0.82	23.71±1.15	22.44±0.61
50 Вт	ЧСС	105.62±5.21	90.42±2.09 ⁺	85.65±2.09 [*]	87.23±1.75 ^v
	УОК	81.09±3.44	106.00±3.82 ⁺	115.98±3.68 [*]	101.61±3.95 ^v
	МОК	8.46±0.50	9.62±0.49	9.95±0.44 [*]	8.88±0.42
	МОД	25.76±1.74	22.85±0.87	23.41±1.00	27.25±1.01 ^x
	КИО ₂	28.52±1.86	34.30±1.37	34.76±1.03	32.35±0.81
100 Вт	ЧСС	133.13±6.05	108.79±1.95 ⁺	103.86±1.71 [*]	104.16±2.04 ^v
	УОК	80.07 ±3.45	122.82±3.69 ⁺	131.40±4.17 [*]	117.98±3.65 ^v
	МОК	10.53±0.41	13.30±0.38 ⁺	13.59±0.39 [*]	12.22±0.42 ^v
	МОД	40.35±3.04	33.11±1.27 ⁺	33.50±1.44 [*]	37.87±0.89 ^x
	КИО ₂	33.39±2.02	39.45±1.43 ⁺	39.85±1.30 [*]	38.18±0.93 ^x
150 Вт	ЧСС	161.24±6.25	130.50±2.39 ⁺	123.72±2.18 ^{*o}	125.20±2.39 ^v
	УОК	77.83±4.60	129.86±3.30 ⁺	141.72±4.95 ^{*o}	130.80±4.46 ^v
	МОК	12.35±0.56	16.92±0.43 ⁺	17.44±0.54 [*]	16.28±0.47 ^v
	МОД	54.15±3.21	45.96±1.28 ⁺	46.49±1.60 [*]	56.55±2.15 ^x
	КИО ₂	36.35±2.56	43.31±1.28 ⁺	43.36±1.20 [*]	39.89±1.03 ^x
200 Вт	ЧСС	178.10±6.98	151.44±3.09 ⁺	142.44±2.82 ^{*o}	147.32±2.69 ^v
	УОК	73.30±5.45	136.31±4.45 ⁺	141.19±4.22	129.52±5.55 ^v
	МОК	12.90±0.87	20.38±0.46 ⁺	20.03±0.57 [*]	18.93±0.69 ^v
	МОД	68.57±3.84	59.34±1.48 ⁺	59.55±1.79 [*]	75.65±3.26 ^x
	КИО ₂	40.82±1.64	44.30±1.00	47.64±1.17 ^{*o}	40.37±1.21 ^x