УДК 612.216.2 **DOI: 10.14526/2070-4798-2021-16-4-143-147**

Динамика показателей внешнего дыхания в зависимости от дыхательных циклов и нагрузки повышающейся мощности

Хайруллин Р.Р.*[*1], Хайруллин Д.Р.[2], Ишмухаметова Н.Ф.[3], Ильин С.Н.[3]
[1] Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия
*ORCID: 0000-0001-5407-9269, hai_ranis81@mail.ru**
[2] Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия
ORCID: 0000-0003-0984-8123, hai_danis@mail.ru
[3] Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Казань, Россия
ORCID: 0000-0003-4256-4368, inellyaf@mail.ru
ORCID: 0000-0002-2997-8788, silin8209@gmail.com

Аннотация: Для поддержания высокого уровня физической подготовленности необходимо обеспечить организм кислородом. Для этого необходимо увеличение сердечного выброса. Одним из показателей является внешнее дыхание, от которого зависит аэробная производительность организма, а также поддержание нормального газового состава артериальной крови. ***Материалы.*** В статье представлены показатели внешнего дыхания мужчин-спортсменов от 18 до 35 лет в зависимости от дыхательных циклов и нагрузки повышающейся мощности. ***Методы исследования:*** анализ и обобщение научной литературы, применялся пневмотахография для оценки внешнего дыхания, методы математической статистики. ***Результаты.*** Значения минутного объема дыхания в группе с брадикардическим дыхательным циклом повышались за счет частоты дыхания, а в группе с тахикардическим дыхательным циклом – за счет повышения показателей дыхательного объема. В группе с нормокардическим дыхательным циклом минутный объем дыхания достигал высоких значений за счет повышения обоих показателей. ***Заключение.*** Изучив показатели внешнего дыхания при велоэргометрической повышающейся нагрузке, мы можем констатировать тот факт, что МОД в группах спортсменов с нормокардическим и тахикардическим дыхательными циклами по сравнению с брадикардическим дыхательным циклом имели наибольшие значения.

Ключевые слова: кардиореспираторная система, нагрузка, дыхание, дыхательный цикл, минутный объем дыхания.

Для цитирования: Хайруллин Р.Р.*, Хайруллин Д.Р., Ишмухаметова Н.Ф., Ильин С.Н. Динамика показателей внешнего дыхания в зависимости от дыхательных циклов и нагрузки повышающейся мощности. Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. 2021; 16(4): 143-147. DOI: 10.14526/2070-4798-2021-16-4-143-147

Dynamics of external respiration depending on respiratory cycles and the increasing power load

Ranis R. Khayrullin[1]*, Danis R. Khayrullin[2], Najlya F. Ishmukhametova[3], Sergey N. Ilin[3]
[1] Volga region State University of Physical Culture, Sport and Tourism
Kazan, Russia
*ORCID: 0000-0001-5407-9269, hai_ranis81@mail.ru**
[2] Kazan (Volga region) Federal University
Kazan, Russia
ORCID: 0000-0003-0984-8123, hai_danis@mail.ru
[3] Kazan State Architectural –Building University
Kazan, Russia
ORCID: 0000-0003-4256-4368, inellyaf@mail.ru
ORCID: 0000-0002-2997-8788, silin8209@gmail.com

Abstract: In order to preserve a high level of fitness, it is necessary to provide organism with

oxygen. This requires an increase in cardiac output. One of the indicators is external respirationю On it the aerobic productivity of the organism depends, as well as normal gas composition of arterial blood support. ***Materials.*** The article presents indices of external respiration of 18-35 year-old male athletes depending on respiratory cycles and the increasing power load. ***Research methods.*** Information sources analysis and summarizing, pneumotachography for external respiration estimation and methods of mathematical statistics. ***Results.*** The values of respiratory minute volume in the group with bradycardiac respiratory cycle increased due to respiratory frequency. In the group with tachycardial respiratory cycle due to increased respiratory volume values. In the group with normocardiac respiratory cycle, minute respiratory volume reached high values due to both parameters increase. ***Conclusion.*** Having studied the indices of external respiration during bicycle ergometric increasing load, we can state the fact that MVR (minute volume of respiration) in the groups of athletes with normocardic and tachycardial respiratory cycles in comparison with bradycardiac respiratory cycle had the highest values.
Keywords: cardiorespiratory system, load, breathing, respiratory cycle, minute respiratory volume.

For citation: Ranis R. Khayrullin*, Danis R. Khayrullin, Najlya F. Ishmukhametova, Sergey N. Ilin. Dynamics of external respiration depending on respiratory cycles and the increasing power load. Russian Journal of Physical Education and Sport. 2021; 16(4): 143-147. DOI: 10.14526/2070-4798-2021-16-4-143-147

ВВЕДЕНИЕ

Изучение кардиореспираторной системы началось около 80 лет назад. Многие ученые рассматривали отдельно сердечно-сосудистую систему и дыхательную систему, которые и являются компонентами кардиореспираторной системы. Было написано много кандидатских и докторских работ по этим направлениям. Впоследствии исследователи начали рассматривать эти показатели в комплексе, фиксируя данные значения одновременно. Под руководством доктора биологических наук, профессра Ванюшина Ю.С. начали рассматривать кардиореспираторную систему при различных физических нагрузках [2, 3, 4, 10,11,12,13]. По этому направлению было написано 8 кандидатских работ. В этих работах рассматривались типы кровообращения и их зависимость от режимов двигательной активности, а также типы адаптации. Все это рассматривалось в зависимости от возраста, пола и физической подготовленности. Продолжением наших исследований стало изучение кардиореспираторной системы в зависимости от дыхательных циклов при нагрузке повышающейся мощности.

Цель исследования – рассмотреть динамику показателей внешнего дыхания в зависимости от дыхательных циклов и мощности нагрузки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения исследований мы пригласили мужчин-спортсменов от 18 до 35 лет в количестве 59 человек. Испытуемые в зависимости от показателя частоты сердечных сокращений за дыхательный цикл были распределены на группы с дыхательными циклами : брадикардическим, нормокардическим и тахикардическим). Для этого мы применили формулу ЧСС/ЧД, где

ЧСС – частота сердечных сокращений;

ЧД – частота дыхания.

При этом однородным по определенному признаку мы считаем такое множество элементов, коэффициент вариации (КВ) которого не превышал 10% [7].

Для реализации нашей цели испытуемые крутили педали велоэргометра в диапазоне нагрузки от 50 до 200 Вт, продолжительностью 4 минуты на каждую нагрузку.

В своей работе показателями дыхательной системы мы рассматривали частоту дыхания (ЧД), дыхательный объем (ДО) и минутный объем дыхания (МОД).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам наших исследований в покое показателей ЧД в группах спортсменов с различными типами дыхательного цикла при нагрузке повышающейся мощности

наблюдаются достоверные различия среди всех трех групп. Наибольшие показатели зафиксированы при брадикардическом дыхательном цикле, а наименьшие – при тахикардическом дыхательном цикле, соответственно, 18,03±0,61 дых/мин и 11,78±0,44 дых/мин (таблица 1). Наименьшие показатели ЧД в этой группе компенсируются большим ДО. При этом эффекте возрастает экономичность и эффективность дыхания, так как альвеолы наполняются воздухом и увеличивается время нахождения в этих структурах [1, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15]. По-видимому, это можно объяснить тем, что подобная группа дыхательного цикла является отражением «структурного следа» [6]. При повышении нагрузки до 50 Вт на достоверную величину по сравнению с состоянием покоя изменения происходят в группах спортсменов с нормокардическим и тахикардическим дыхательными циклами. Рассматривая достоверные различия между группами при этой нагрузке, мы наблюдаем это между нормокардическим и тахикардическим дыхательными циклами.

При повышении нагрузки до 100 Вт, 150 Вт, 200 Вт в группе спортсменов с нормокардическим дыхательным циклом замечаем достоверные различия при переходе от 100 Вт к 150 Вт и от 150 Вт к 200 Вт. Также это наблюдается при переходе от 100 Вт к 150 Вт при тахикардическом дыхательном цикле. При нагрузке в 100 Вт наблюдаются достоверные различия между группами с нормокардическим и тахикардическим дыхательными циклами.

Таблица 1 - Значения ЧД (дых/мин) при повышающейся нагрузке

Условия снятия показателей	Группы спортсменов		
	Брадикардический дыхательный цикл n=23	Нормокардический дыхательный цикл n=27	Тахикардический дыхательный цикл n=9
Исходное состояние	18,03 ± 0,61	14,89 ± 0,47 *	11,78 ± 0,44 + ^
50 Ватт	19,95 ± 0,96	20,13 ± 0,87	17,89 ± 0,62 ˇ º
100 Ватт	21,62 ± 0,98	20,86 ± 0,88	18,54 ± 0,94 +
150 Ватт	24,51 ± 1,01	24,76 ± 1,07 x	22,59 ± 1,08 x
200 Ватт	27,84 ± 1,27	28,76 ± 1,03 □	25,67 ± 1,32

Примечание. * – статистическая достоверность различий между показателями групп спортсменов, относящихся к БДЦ и НДЦ;
+ – достоверность различий между показателями групп спортсменов, относящихся к БДЦ и ТДЦ;
^ – достоверность различий между показателями групп спортсменов, относящихся к НДЦ и ТТДЦ;
º – достоверность различий между состоянием покоя и 50 Вт;
Δ – достоверность различий между 50 Вт и 100 Вт;
x – достоверность различий между 100 Вт и 150 Вт;
□ – достоверность различий между 150 Вт и 200 Вт

В исходном состоянии наибольшие показатели ДО зафиксированы при тахикардическом дыхательном цикле, а наименьшие – при брадикардическом дыхательном цикле; между этими группами наблюдаются достоверные различия, показатели которых составили 0,71±0,05 л и 0,98±0,13 л (таблица 2).

При нагрузке повышающейся мощности в группах с брадикардическим и нормокардическим дыхательными циклами увеличение происходит на достоверную величину. В группе с тахикардическим дыхательным циклом на достоверную величину изменяется при нагрузке 50 Вт и 200 Вт.

При нагрузке 150 Вт между группами брадикардического и нормокардического дыхательных циклов, а при нагрузке 200

Вт между группами брадикардического и тахикардического дыхательных циклов отмечаются достоверные различия.

Таблица 2 - Значения ДО (л) при повышающейся нагрузке

Условия снятия показателей	Группы спортсменов		
	Брадикардический дыхательный цикл n=23	Нормокардический дыхательный цикл n=27	Тахикардический дыхательный цикл n=9
Исходное состояние	0,60 ± 0,04	0,71 ± 0,05	0,98 ± 0,13 +
50 Ватт	1,25 ± 0,07 ○	1,34 ± 0,05 ○	1,54 ± 0,19 ○
100 Ватт	1,67 ± 0,05 Δ	1,78 ± 0,07 Δ	1,95 ± 0,18
150 Ватт	1,94 ± 0,09 x	2,20 ± 0,08 * x	2,21 ± 0,18
200 Ватт	2,29 ± 0,11 □	2,52 ± 0,09 □	2,85 ±0,16 +□

В исходном состоянии показатели МОД не претерпевают достоверных различий (таблица 3). Наибольшие показатели отмечаются в группе спортсменов с брадикардическим дыхательным циклом, а наименьшие – с нормокардическим дыхательным циклом, которые составили 10,64±0,65 л/мин и 9,87±0,54 л/мин.

По мере повышения ступенчатой нагрузки во всех группах наблюдаются достоверные различия. Увеличение МОД происходило за счет учащения и углубления дыхания, и диапазон этого сочетания при мышечной деятельности весьма широкий (В.В. Михайлов с соавт., 1978). К.В. Судаков (1997) подчеркивает ведущую роль дыхания в процессе адаптации организма к физической нагрузке и свидетельствует о преобладании дыхания.

В группе с нормокардическим дыхательным циклом при нагрузке 50 Вт, 150 Вт и 200 Вт зафиксированы достоверные различия по отношению к группе с брадикардическим дыхательным циклом. При нагрузке 200 Вт замечены достоверные различия между группами брадикардического и тахикардического дыхательных циклов.

Таблица 3 - Значения МОД (л/мин) при повышающейся нагрузке

Условия снятия показателей	Группы спортсменов		
	Брадикардический дыхательный цикл n=23	Нормокардический дыхательный цикл n=27	Тахикардический дыхательный цикл n=9
Исходное состояние	10,64±0,65	9,87±0,54	10,19±1,17
50 Ватт	23,35±0,99 ○	26,08±0,86 * ○	27,22±2,76 ○
100 Ватт	35,62±1,62 Δ	35,91±1,10 Δ	35,96±2,99 Δ
150 Ватт	46,88±1,87 x	52,81±1,59 *x	48,81±3,84 x
200 Ватт	61,93±2,37 □	71,18±2,52 *□	72,48±4,36 +□

Значения минутного объема дыхания в группе с брадикардическим дыхательным циклом повышались за счет частоты дыхания, а в группе с тахикардическим дыхательным циклом – за счет повышения показателей дыхательного объема. В группе с нормокардическим дыхательным циклом минутный объем дыхания достигал высоких показателей за счет повышения обоих показателей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучив показатели внешнего дыхания при велоэргометрической повышающейся нагрузке, мы можем констатировать тот факт, что МОД в группах спортсменов с нормокардическим и тахикардическим дыхательными циклами по сравнению с группой с брадикардическим дыхательным циклом имел наибольшие значения.

На уровне системы дыхания адаптация характеризуется максимальной мобилизацией внешнего дыхания, которая проявляется ростом МОД вследствие увеличения как частоты, так и глубины дыхания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бреслав И.С., Глебовский В.Д. *Регуляция дыхания*. Л.: Наука. 1981: 280.

2. Ванюшин Ю.С. Адаптация кардиореспираторной системы спортсменов к двигательной деятельности. *Теория и практика физической культуры*. 2020; 2: 30-32.

3. Ванюшин Ю.С., Хайруллин Р.Р. Кардиореспираторная система как индикатор функционального состояния организма спортсменов. *Теория и практика физической культуры*. 2015; 7: 11-14.

4. Ванюшин Ю.С., Хайруллин Р.Р., Елистратов Д.Е. Значение коэффициента комплексной оценки кардиореспираторной системы для диагностики функционального состояния спортсменов. *Теория и практика физической культуры*. 2017; 5: 59-61.

6. Меерсон Ф.З. *Адаптация, стресс и профилактика*. М.: Наука. 1981: 278.

7. Оганов Р.Г., Бритов А.Н., Гундаров И.А. Дифференцированный подход к разработке физиологических нормативов и его значение для профилактической кардиологии. *Кардиология*. 1984; 24(4): 52.

8. Bassett Jr., D.R., Howley E.T., Limiting factors for maximum oxygen and determinants of endurance performance. Medicine *and Science in Sports and Exercise*. 2000; 32(1): 70-84.

9. Bosquet L., Gamelin F.-X., Berthoin S. Is aerobic endurance a determinant of cardiac autonomic regulation? *European Journal of Applied Physiology*. 2007; 100(3): 363-369.

10. Boutcher S.H., Park Y., Dunn S.L., Boutcher Y.N. The relationaship between cardiac autonomic function and maximal oxygen uptake response to high-intensity interminent-exercise training. *Journal of Sports Sciences*. 2013; 31(9): 1024-1029. DOI: 10.1080/02640414.2012.762984.

11. Bye P.T., Farkas G.A., Roussos Ch. Respiratory factors limiting exercise. *Ann. Rev. Physiol*. 1983; 45: 439-451.

12. Wasserman K., Whipp B.J., Cassaburi R. Respiratory control during exercise. Handbook of physiology: Sect.3. *The respiration system. Bethesda (Maryland)*. 1986; 9: 595-619.

13. Weiner D. Normal hemodynamic, ventilatory and metabolic response to exercise. *Arch. Intern. Med*. 1983; 143: 2173-2175.

14. Brown P.I., Sharpe G.R., Johnson M.A. Loading of trained inspiratory muscles speeds lactate recovery kinetics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2010; 42: 1103-1112.

15. Edwards R.H.T., Ekelund L.G., Harris R.C., Hesser C.M., Hultman E., Melcher A., Wigertz O. Cardio-respiratory and metabolic costs of continuous and intermittent exercise in man. *Journal of Physiology*. 1973; 234: 481-497.

Статья поступила в редакцию: 10.11.2021

Хайруллин Ранис Рафакатович *– кандидат биологических наук, доцент, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, 420010, Россия, г. Казань, Деревня Универсиады, дом 35, e-mail: hai_ranis81@mail.ru*

Хайруллин Данис Рафакатович *– преподаватель, Казанский (Приволжский) федеральный университет, 420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, дом 18, e-mail: hai_danis@mail.ru*

Ишмухаметова Найля Фаритовна *– старший преподаватель, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, дом 1, e-mail: inellyaf@mail.ru*

Ильин Сергей Николаевич *– старший преподаватель, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, дом 1, e-mail: silin8209@gmail.com.*