Дата публикации: 01.12.2023
DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_04_21
УДК 612.216.2

Publication date: 01.12.2023
DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_04_21
UDC 612.216.2

ЗНАЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДЫХАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ, НАПРАВЛЕННОЕ НА УТИЛИЗАЦИЮ КИСЛОРОДА У СПОРТСМЕНОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ЦИКЛОВ И НАГРУЗКИ ПОВЫШАЮЩЕЙСЯ МОЩНОСТИ

Р.Р. Хайруллин[1], Ю.Н. Емельянова[1], Д.Р. Хайруллин[2], Р.Ф. Габдрахманов[2]

[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», г. Казань, Россия

[2]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия

Аннотация. По показателям газообмена можно определять характер и глубину тренировочного воздействия на организм. В зависимости от метаболической активности каждый орган запрашивает кислород, но это обеспечивается в той или иной мере за счет морфофизиологических условий кровообращения данного органа. В исследовании приняло 59 человек мужского пола в возрасте от 17 до 36 лет, которые регулярно занимались спортом. По показателям дыхательного цикла спортсмены были распределены на группы: брадикардический, нормокардический и тахикардический. Коэффициент использования кислорода при нагрузке в 150 Вт достиг наибольших показателей во всех трех группах. Показатели артерио-венозной разницы по кислороду на протяжении ступенчато повышающейся мощности повышался постепенно и достиг высоких значений при нагрузке в 200 Вт.

Ключевые слова: газообмен, повышающаяся нагрузка, дыхательный цикл, потребление кислорода, выделение углекислого газа.

VALUE OF RESPIRATORY FUNCTION PARAMETERS AIMED AT OXYGEN UTILIZATION IN ATHLETES DEPENDING ON RESPIRATORY CYCLES AND LOAD OF INCREASING POWER

R.R. Khajrullin[1], Yu.N. Emel'yanova[1], D.R. Khajrullin[2], R.F. Gabdrakhmanov[2]

[1]Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia

[2]Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

Annotation. Taking into account the gas exchange indices, one can determine the nature and depth of the training effect on the body. Depending on metabolic activity, each organ requests oxygen, but this is ensured to one degree or another due to the morphophysiological conditions of the blood circulation of a given organ. The study involved 59 male people aged 17 to 36 years, who exercised regularly. Based on respiratory indicators, athletes were divided into groups: bradycardic, normocardic and tachycardic. The oxygen utilization coefficient at a load of 150 W reached the highest levels in all three groups. The indicators of the arteriovenous difference in oxygen during the stepwise increase in power increased gradually and reached high values at a load of 200 W.

Keywords: gas exchange, increasing load, respiratory cycle, oxygen intake, carbon dioxide release.

Введение. По показателям газообмена можно определять характер и глубину тренировочного воздействия на организм. В зависимости от метаболической активности каждый орган запрашивает кислород, но это обеспечивается в той или иной мере за счет морфофизиологических условий кровообращения данного органа. По показателям артерио-венозной разницы по кислороду ($АВРО_2$) и коэффициента

использования кислорода ($КИО_2$), которые относятся к одним из основных детерминантов максимальной аэробной мощности, можно судить о кислородном питании [1-3]. При высоких показателях $АВРО_2$ организм более эффективно использует сердечный выброс, поэтому менее затратно работает кислородтранспортная система [4].

Ванюшин Ю.С. и его ученики в своих работах рассматривали показатели газообмена при выполнении физических нагрузок в зависимости от типов адаптации кардиореспираторной системы и типологических особенностей кровообращения [5-8]. Мы, в свою очередь, хотим рассмотреть $КИО_2$ и $АВРО_2$ в зависимости от типов дыхательных циклов и в результате действия нагрузки повышающейся мощности.

Цель исследования – рассмотреть динамику показателей газообмена артериовенозной разницы по кислороду и коэффициента использования кислорода в зависимости от дыхательных циклов и мощности нагрузки.

Методы и организация исследования. Исследования проводились на 59 спортсменах мужского пола, в возрастном диапазоне от 17 до 36 лет, которые на постоянной основе занимались спортом. По показателям дыхательного цикла их разделили на группы: брадикардический (n=23), нормокардический (n=27) и тахикардический (n=9). Показатель дыхательного цикла (ДЦ) вычислялся по формуле: частота сердечных сокращений (ЧСС) / частота дыхания (ЧД). При этом однородным по определенному признаку мы считаем такое множество элементов, коэффициент вариации (КВ) которого не превышал 10% [9].

Для проведения исследования применяли ступенчато повышающуюся нагрузку на велоэргометре. Испытуемые крутили педали велоэргометра в течение 16 минут. Через каждые 4 минуты нагрузку повышали на 50 Вт. Начальная нагрузка составила 50 ВТ, а конечная – 200 Вт.

Для определения показателей $КИО_2$ и $АВРО_2$ мы использовали газоанализ выдыхаемого воздуха на парамагнитном анализаторе кислорода АК-5 и газоанализаторе ГАУ-3 [6, 8].

Результаты исследования и их обсуждение. В таблице 1 показаны результаты коэффициента использования кислорода. В состоянии покоя наблюдались достоверные различия между брадикардическим типом дыхательного цикла (20,87±1,03 мл/л) и двумя другими типами (26,49±1,60 и 27,40±1,64 мл/л). Был обнаружен наименьший показатель при брадикардическом дыхательном цикле, что свидетельствует о высоком уровне вентиляции к потреблению кислорода по сравнению с другими группами.

При начальной нагрузке в 50 Вт наблюдались достоверные различия во всех группах с различными типами дыхательного цикла по сравнению с исходным состоянием. Между группами достоверных различий не наблюдалось. Наибольший прирост произошел при брадикардическом типе дыхательного цикла и составил 14,26 мл/л.

Рассматривая показатели $КИО_2$ при нагрузке мощностью в 100 Вт, мы видим, что достоверных различий как между группами, так и с нагрузкой в 50 Вт не выявилось.

Анализируя нагрузку мощностью в 150 Вт при брадикардическом типе дыхательного цикла, обнаружились достоверные различия по сравнению с предыдущей нагрузкой, которые составили 45,03± 1,61 мл/л. В нормокардическом и тахикардическом дыхательных циклах при смене нагрузки повышающейся мощности достоверных различий не наблюдалось.

Таблица 1

Показатели коэффициента использования кислорода (мл/л) в группах спортсменов с различными типами дыхательного цикла при нагрузке повышающейся мощности

Условия снятия показателей	Группы спортсменов		
	Брадикардический (n=23)	Нормокардичекий (n=27)	Тахикардический (n=9)
Исходное состояние	20,87±1,03	26,49±1,60 *	27,40±1,64 $^{+}$
50 Вт	35,13±1,93 ^{o}	35,82±2,28 ^{o}	36,61±1,33 ^{o}
100 Вт	39,67±1,66	40,83±1,58	39,71±1,21
150 Вт	45,03±1,61 ^{x}	43,36±1,57	43,20±1,63
200 Вт	45,99±1,93	45,16±1,83	43,52±2,02

Примечание: * – достоверные различия между группами спортсменов, относящихся к брадикардическому и нормокардическому типам дыхательного цикла; + – достоверные различия между группами спортсменов, относящихся к брадикардическому и тахикардическому типам дыхательного цикла; ^ – достоверные различия между группами спортсменов, относящихся к нормокардическому и тахикардическому типам дыхательного цикла; ^{o} – достоверность различий между исходным состоянием и 50 Вт; $^{\Delta}$ – достоверность различий между 50 Вт и 100 Вт; ^{x} – достоверность различий между 100 Вт и 150 Вт; $^{\square}$ – достоверность различий между 150 Вт и 200 Вт

При нагрузке в 200 Вт показатели коэффициента потребления кислорода во всех группах дыхательного цикла практически остались без изменений. Соответственно, нет достоверных различий как между типами дыхательного цикла, так и по сравнению с предыдущей нагрузкой.

Подводя итоги по таблице 1, мы видим, что наибольших своих величин показатели $КИО_2$ достигли при нагрузке мощностью в 150 Вт во всех группах спортсменов дыхательного цикла. Это связано с увеличением экономичности и более высокой эффективностью дыхательной системы [10]. Скорее всего, это связано с извлечением с каждого литра крови большего количества кислорода.

Высокий уровень функциональных возможностей у спортсменов зависит не только от достаточно больших величин сердечного выброса, но и от способности их эффективно использовать. Эта способность может быть оценена реальными размерами утилизированного организмом кислорода по величине $АВРО_2$, которая в наших исследованиях увеличивалась при переходе от одной ступени нагрузки к другой и достигла наибольших величин при мощности работы в 200 Вт. Повышение эффективности альвеолокапиллярного транспорта в легких позволяет снизить нагрузку на сердце по обеспечению объемного кровотока [11-12].

Из таблицы 2 мы видим, что в исходном состоянии показатели $АВРО_2$ между группами дыхательных циклов достоверных различий не выявлено.

Таблица 2

Показатели артерио-венозной разницы по кислороду (мл) в группах спортсменов с различными типами дыхательного цикла при нагрузке повышающейся мощности

Условия снятия показателей	Группы спортсменов		
	Брадикардический (n=23)	Нормокардичекий (n=27)	Тахикардический (n=9)
Исходное состояние	44,37±2,67	43,50±3,63	46,42±3,28
50 Вт	75,50±5,09 ^{o}	86,70±5,97 ^{o}	85,43±8,53 ^{o}
100 Вт	105,89±5,22 $^{\Delta}$	103,79±5,06 $^{\Delta}$	102,30±9,17
150 Вт	126,16±5,38 ^{x}	128,64±6,62 ^{x}	122,24±7,18
200 Вт	140,69±9,69	163,25±8,87 $^{\square}$	146,39±8,95 $^{\square}$

При нагрузке мощностью в 50 Вт во всех группах спортсменов с дыхательными циклами отмечались достоверные увеличения показателей $АВРО_2$, которые составили 75,50±5,09 мл, 86,70±5,97 мл и 85,43±8,53 мл. Наибольший прирост (43,2 мл) был обнаружен в группе спортсменов с нормокардическим дыхательным циклом. Между группами дыхательного цикла достоверных различий не было зафиксировано.

При выполнении следующей нагрузки в 100 Вт, при брадикардическом и нормокардическом дыхательных циклах происходило достоверное повышение значений $АВРО_2$ (105,89±5,22 и 103,79±5,06 мл). В группе с брадикардическим дыхательным циклом произошел наибольший прирост, который составил 30,39 мл. Достоверных различий между группами дыхательных циклов не наблюдалось.

В группах спортсменов с брадикардическим и нормокардическим дыхательными циклами при нагрузке 150 Вт выявились достоверные различия по сравнению с нагрузкой в 100 Вт, показатели которых составили 126,16±5,38 и 128,64±6,62 мл. При тахикардическом дыхательном цикле таких различий не наблюдалось. Между группами при данной нагрузке достоверных различий не было выявлено.

При нагрузке в 200 Вт достоверное увеличение показателей $АВРО_2$ происходит в группах спортсменов с нормокардическим и тахикардическим дыхательными циклами и они составили 163,25±8,87 и 146.39±8,95 мл. Наибольший прирост произошел в группе спортсменов с нормокардическим дыхательным циклом и составил 34,61 мл. Достоверных различий между группами спортсменов дыхательных циклов не наблюдалось.

Заключение. Подводя итоги наших исследований, мы отмечаем, что в зависимости от мощности нагрузки и от групп дыхательных циклов происходит адаптация газообменной функции легких и утилизация кислорода тканями организма. В группе спортсменов с брадикардическим дыхательным циклом адаптация происходит за счет активации и повышения утилизации кислорода. Этот процесс происходит вследствие больших величин коэффициента потребления кислорода и меньших показателей артерио-венозной разницы по кислороду при одинаковом потреблении кислорода и выделении углекислого газа по сравнению с другими группами дыхательных циклов.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bassett, Jr. D. R. Limiting factors for maximum oxygen and determinants of endurance performance / Jr. D. R. Bassett, E. T. Howley // Medicine and Science in Sports and Exercise. – 2000. – № 32(1). – P. 70-84.
2. Bye, P. T. Respiratory factors limiting exercise / P. T. Bye, G. A. Farkas, Ch. Roussos // Ann. Rev. Physiol. – 1983. – Vol. 45. – P. 439-451.
3. Wasserman, K. Respiratory control during exercise / K. Wasserman, B. J. Whipp, R. Cassaburi // Handbook of physiology: Sect.3. The respiration system. Bethesda (Maryland), 1986. – Vol. 9. – P. 595-619.
4. Коц Я. М. Спортивная физиология. Учебник для институтов физической культуры / Я. М. Коц. – М.: Физкультура и спорт. – 1998. – 200 с.
5. Адаптация кардиореспираторной системы спортсменов к двигательной деятельности / Ванюшин Ю. С., Хайруллин Р. Р., Елистратов Д. Е. [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 2020. – № 2. – С. 30-32.
6. Ванюшин, Ю. С. Кардиореспираторная система как индикатор функционального состояния организма спортсменов / Ю. С. Ванюшин, Р. Р. Хайруллин // Теория и практика физической культуры. – 2015. – № 7. – С .11-14.
7. Ванюшин, Ю. С. Значение коэффициента комплексной оценки кардиореспираторной системы для диагностики функционального состояния спортсменов / Ю. С. Ванюшин, Р. Р. Хайруллин, Д. Е. Елистратов // Теория и практика физической культуры. – 2017. – № 5. – С. 59-61.
8. Динамика показателей внешнего дыхания в зависимости от дыхательных циклов и нагрузки повышающейся мощности / Р. Р. Хайруллин, Д. Р. Хайруллин, Н. Ф. Ишмухаметова, С. Н. Ильин // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта (Российский журнал физического воспитания и спорта). – 2021. – Т. 16. – № 4.– С. 143-147.
9. Дифференцированный подход к разработке физиологических нормативов и его значение для профилактической кардиологии / Оганов Р. Г., Бритов А. Н., Гундаров И. А. [и др.] // Кардиология. – 1984. – Т. 24. – № 4. – С. 52.
10.The relationaship between cardiac autonomic function and maximal oxygen uptake response to high-intensity interminent-exercise training / S. H. Boutcher, Y. Park, S. L. Dunn, Y. N. Boutcher // Journal of Sports Sciences. – 2013. – № 31(9). – P. 1024-1029. DOI: 10.1080/02640414.2012.762984.
11.Bosquet, L. Is aerobic endurance a determinant of cardiac autonomic regulation? / L. Bosquet, F-X. Gamelin, S. Berthoin // European Journal of Applied Physiology. – 2007. – № 100(3). – P. 363-369.
12.Weiner, D. Normal hemodynamic, ventilatory and metabolic response to exercise / D. Weiner // Arch. Intern. Med. – 1983. – Vol. 143. – P. 2173-2175.

REFERENCES

1. 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, no. 32(1), pp. 70-84.
2. Bye P.T., Farkas G.A., Roussos Ch. Respiratory factors limiting exercise. *Ann. Rev. Physiol*, 1983, vol. 45, pp. 439-451.
3. Wasserman K., Whipp B.J., Cassaburi R. Respiratory control during exercise. Handbook of physiology: Sect.3. The respiration system. Bethesda (Maryland), 1986, vol. 9, pp. 595-619.
4. Kotz Ya.M. Sports Physiology. Textbook for physical culture institutes. Moscow: Fizkultura i sport, 1998. p 200. (in Russ.)
5. Vanyushin Yu.S., Khajrullin R.R., Elistratov D.E., Fedorov N.A., Ishmukhametova N.F. Adaptation of athletes' cardiorespiratory system to physical loads. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2020, no. 2, pp. 30-32. (in Russ.)
6. Vanyushin Yu.S., Khajrullin R.R. Cardiorespiratory system as an indicator of functional state of athletes. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2015, no. 7, pp. 11-14. (in Russ.)
7. Vanyushin Yu.S., Khajrullin R.R., Elistratov D.E. Role of coefficient of comprehensive assessment of cardiorespiratory system in diagnostics of functional state of athletes. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2017, no. 5, pp. 59-61. (in Russ.)
8. Khajrullin R.R., Khajrullin D.R., Ishmukhametova N.F., Il'in S.N. Dynamics of external respiration depending on respiratory cycles and the increasing power load. *Russian Journal of Physical Education and Sport*, 2021, vol. 16, no. 4, pp. 143-147. (in Russ.)
9. Oganov R.G., Britov A.N., Gundarov I.A. et al. A differentiated approach to the physiological standard development and it's significance in preventive cardiology. *Kardiologiia*, 1984, vol. 24, no. 4, p. 52. (in Russ.)

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, no. 31(9), pp. 1024-1029. DOI: 10.1080/02640414.2012. 762984.

11.Bosquet L., Gamelin F-X., Berthoin S. Is aerobic endurance a determinant of cardiac autonomic regulation? *European Journal of Applied Physiology*, 2007, no. 100(3), pp. 363-369.

12.Weiner D. Normal hemodynamic, ventilatory and metabolic response to exercise. *Arch. Intern. Med*, 1983, vol. 143, pp. 2173-2175.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Ранис Рафакатович Хайруллин – кандидат биологических наук, доцент кафедры теории и методики волейбола и баскетбола ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», Казань, e-mail: hai_ranis81@mail.ru.

Юлия Николаевна Емельянова – кандидат педагогических наук, доцент кафедры теории и методики волейбола и баскетбола ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», Казань, e-mail: emelianova2003@list.ru

Данис Рафакатович Хайруллин – преподаватель общеуниверситетской кафедры физического воспитания и спорта, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, e-mail: hai_danis@mail.ru.

Разил Фанзилович Габдрахманов – преподаватель общеуниверситетской кафедры физического воспитания и спорта, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, e-mail: Razil17pro@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Ranis Rafakatovich Khajrullin – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Theory and Method of Volleyball and Basketball, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: e-mail: hai_ranis81@mail.ru.

Yuliya Nikolaevna Emel'yanova – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Theory and Method of Volleyball and Basketball, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: e-mail: emelianova2003@list.ru.

Danis Rafakatovich Khajrullin – Lecturer of the Universitywide Department of Physical Education and Sport, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, e-mail: hai_danis@mail.ru.

Razil Fanzilovich Gabdrakhmanov – Lecturer of the Universitywide Department of Physical Education and Sport, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, e-mail: Razil17pro@mail.ru.

Для цитирования: Значение параметров дыхательной функции, направленное на утилизацию кислорода у спортсменов в зависимости от дыхательных циклов и нагрузки повышающейся мощности / Р. Р. Хайруллин, Ю. Н. Емельянова, Д. Р. Хайруллин, Р. Ф. Габдрахманов // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7. – № 4. DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_04_21

For citation: Khajrullin R.R., Emelyanova Yu.N., Khajrullin D.R., Gabdrakhmanov R.F. Value of respiratory function parameters aimed at oxygen utilization in athletes depending on respiratory cycles and load of increasing power. *Modern Issues of Biomedicine*, 2023, vol. 7, no. 4. DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_04_21