Дата публикации: 01.12.2022
DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_3
УДК 612.43

Publication date: 01.12.2022
DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_3
UDC 612.43

МАКСИМАЛЬНОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ КИСЛОРОДА И ОБЪЕМ РАБОТАЮЩЕЙ МЫШЕЧНОЙ МАССЫ ВО ВРЕМЯ СТУПЕНЧАТОГО ТЕСТА: ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

В.В. Волков, Р.В. Тамбовцева
Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодёжи и туризма, г. Москва, Россия

Аннотация. Определение максимального потребления кислорода – важная часть тестирования физической работоспособности в спорте и оздоровительной физической культуре. Однако, сама идентификация максимальных значений до сих пор вызывает ряд затруднений у специалистов. Не всегда удается выявить феномен так называемого «плато» на зависимости «потребление кислорода – нагрузка». Хорошо показано, что потребление кислорода организмом зависит от объема работающей мышечной массы. Авторами было высказано предположение, что дополнительная активность мышц рук при максимальной нагрузке может влиять на максимальное потребление кислорода. Было организовано пилотное исследование, в котором испытуемому было предложено выполнять сгибания рук с гантелями во время выполнения стандартного нагрузочного теста на велоэргометре. Было выполнено три теста: тест 1 – без дополнительной работы руками, тест 2 – со сгибаниями рук с гантелями 1,8 кг и тест 3 – со сгибаниями рук с гантелями 3 кг. Кинетика потребления кислорода отличалась между тестами 1 и 2 во всем диапазоне нагрузок, а максимальное потребление кислорода составило 24,5, 30,3 и 30,7 мл/кг/мин для тестов 1, 2 и 3 соответственно. Более тяжелые гантели не привели к дополнительному увеличению потребления кислорода, возможно, окислительные возможности мышц рук достигли своего максимума. Дополнительная работа руками никак не повлияла на дыхательный коэффициент и максимальную достигнутую мощность при работе на велоэргометре. Полученные результаты подтверждают, что активность дополнительных мышц может влиять на потребление кислорода при выполнении основного упражнения.

Ключевые слова: максимальное потребление кислорода, МПК, функциональная диагностика, физическая работоспособность**.**

MAXIMUM OXYGEN CONSUMPTION AND MUSCLE MASS WORKING DURING THE STEP TEST: A PILOT STUDY

V.V. Volkov, R.V. Tambovtseva
Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism, Moscow, Russia

Annotation. Determination of maximum oxygen consumption is an important part of physical performance testing in sports and recreational physical culture. However, the very identification of the maximum values still causes a number of difficulties for experts. It is not always possible to identify the phenomenon of the so-called “plateau” on the dependence of oxygen consumption to load. It is well shown that oxygen consumption by the body depends on the amount of working muscle mass. The authors suggested that the additional activity of the arm muscles during maximum exercise may affect the maximum oxygen consumption. A pilot study was organized in which the subject was asked to perform curls with dumbbells during a standard exercise test on a bicycle ergometer. Three tests were performed: test 1 – without additional arm work, test 2 – with curls with 1.8 kg dumbbells, and test 3 – with curls with 3 kg dumbbells. Oxygen consumption kinetics differed between tests 1 and 2 over the entire exercise range, and maximum oxygen consumption was 24.5, 30.3 and 30.7 ml/kg/min for tests 1, 2, and 3 respectively. Heavier dumbbells did not lead to an additional increase in oxygen consumption because the oxidative capacity of the arm muscles has possibly reached its maximum. Additional work with the arms did not affect the respiratory coefficient and the maximum power achieved when training on a

bicycle ergometer. The results obtained confirm that the activity of additional muscles can influence the oxygen consumption during the performance of the main exercise.
Keywords: maximum oxygen consumption, VO_2 max, functional diagnostics, physical performance.

Введение. Определение максимального потребления кислорода является важным этапом диагностики функционального состояния в спорте и оздоровительной физической культуре [1-4]. Однако не всегда в процессе тестирования удается зафиксировать так называемое «плато» в потреблении кислорода по отношению к приросту нагрузки, которое может говорить о достижении испытуемым максимальной аэробной мощности. Были предложены верификационные тесты с целью удостовериться, что в классическом нагрузочном тестировании максимальное потребление кислорода определено верно [5]. Также было показано, что максимальное потребление кислорода у одних и тех же людей при разных упражнениях может существенно отличаться [1-4]. Возможно, этот эффект связан с количеством одновременно работающей мышечной массы.

Также хорошо известно, что работа выше мощности анаэробного порога связана с быстро развивающимся утомлением и тяжелыми субъективными ощущениями. Если есть задача продемонстрировать максимальные показатели, например, при тестировании на велоэргометре, то спортсмен может прибегать к подключению дополнительных мышц с целью поддержать необходимую мощность работы. Из наблюдений авторов, в процессе проведения тестирования при нагрузке выше анаэробного порога испытуемые пытаются встать на педали, изменяют темп педалирования, подключают мышцы туловища и рук, сильнее цепляются за руль велоэргометра и всячески пытаются поддержать уровень мощности за счет нарушений техники. Было замечено, что именно в эти моменты на графике скорости потребления кислорода иногда можно увидеть дополнительное ускорение. Исходя из вышесказанного, была сформулирована цель исследования – оценить влияние дополнительной мышечной активности на потребление кислорода во время теста с возрастающей нагрузкой на велоэргометре.

Методы и организация исследования. Для определения наилучшего дизайна основного эксперимента было организовано пилотное исследование. В исследовании принял участие один из авторов. Испытуемый выполнил три теста для определения максимального потребления кислорода на велоэргометре: 1 тест – по стандартному протоколу, 2 и 3 тесты с дополнительной активностью мышц рук разной интенсивности. Все тесты выполнялись на велоэргометре Lode Excalibur (Голландия), начальная нагрузка составила 60 Вт и каждые 2 минуты увеличивалась на 30 Вт. Испытуемый поддерживал темп педалирования 80 об/мин, тест выполнялся до отказа. В процессе тестирования дополнительно измерялась скорость потребления кислорода и выделения углекислого газа с помощью метаболографа Cosmed (Италия), легочная вентиляция и частота сердечных сокращений.

Тест 1 выполнялся без дополнительной активности мышц рук (руки на руле). Тест 2 и 3 выполнялись с дополнительной работой руками – испытуемый выполнял сгибания рук с гантелями разного веса одновременно с работой ногами (рис. 1). Для теста 2 использовались гантели весом 1,8 кг, для теста 3 – 3 кг. Работа руками выполнялась под метроном с темпом 30 подъемов в минуту. Параметры газообмена, легочной вентиляции и частоты сердечных сокращений усреднялись за последние 30 секунд на каждой ступени нагрузки.



Рис. 1. Работа на велоэргометре с дополнительной мышечной активностью

Результаты исследования и их обсуждение. Максимальное потребление кислорода, максимальная легочная вентиляция и частота сердечных сокращений при отказе от работы существенно отличались между тестами 1 и 2 (табл.). Средняя разница по скорости потребления кислорода на каждой нагрузочной ступени между тестами 1 и 2 составила 475±48 мл/кг/мин ($p \leq 0,01$). Значимых различий по скорости потребления кислорода между тестами 2 и 3 не наблюдалось, средняя разница составила 10±73 мл/кг/мин. Средняя разница по скорости легочной вентиляции на каждой ступени между тестами 1 и 2 составила 19±3,6 л/мин ($p \leq 0,01$). Средняя разница по скорости легочной вентиляции на каждой ступени между тестами 2 и 3 составила 5±8 л/мин. Так же, как и потребление кислорода, различия в легочной вентиляции в тестах 2 и 3 не достигли статистической значимости. Максимальная достигнутая мощность работы на велоэргометре была одинаковой для всех трех тестов. Показатель дыхательного коэффициента также не отличался между тремя тестами.

Дополнительно на графиках показана кинетика потребления кислорода, легочной вентиляции и частоты сердечных сокращений во время выполнения трех тестов.

Таблица

Максимальные значения параметров, измеряемых в ходе тестирования

	Мощность	МПК, мл/мин	МПК, мл/кг/мин	ЧСС	ЛВ	ДК
Тест 1	180	2323	24,5	150	80	1,09
Тест 2	180	2874	30,3	166	105	1,09
Тест 3	180	2919	30,7	169	116	1,09

Примечание: МПК – максимальное потребление кислорода; ЧСС – частота сердечных сокращений; ЛВ – легочная вентиляция; ДК – дыхательный коэффициент

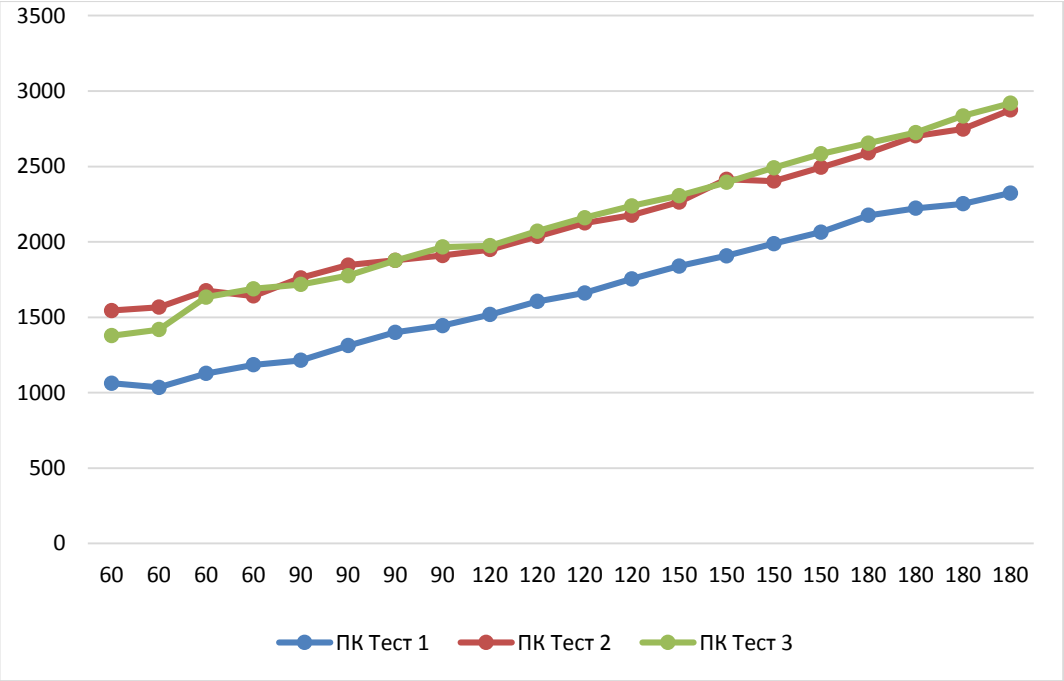


Рис. 2. Кинетика потребления кислорода

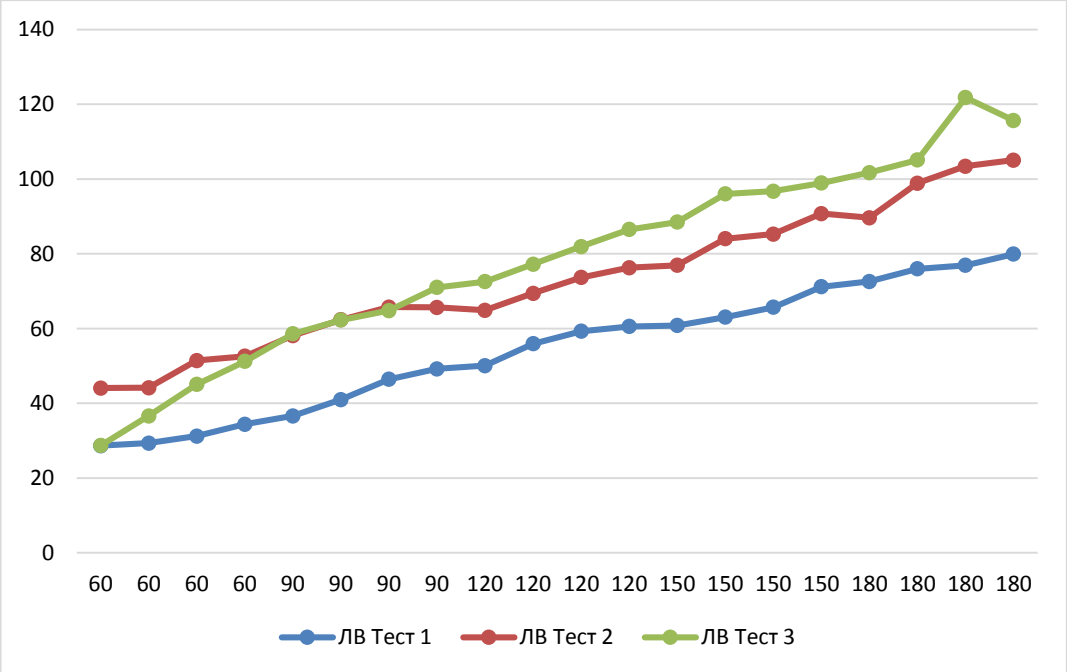


Рис. 3. Кинетика легочной вентиляции

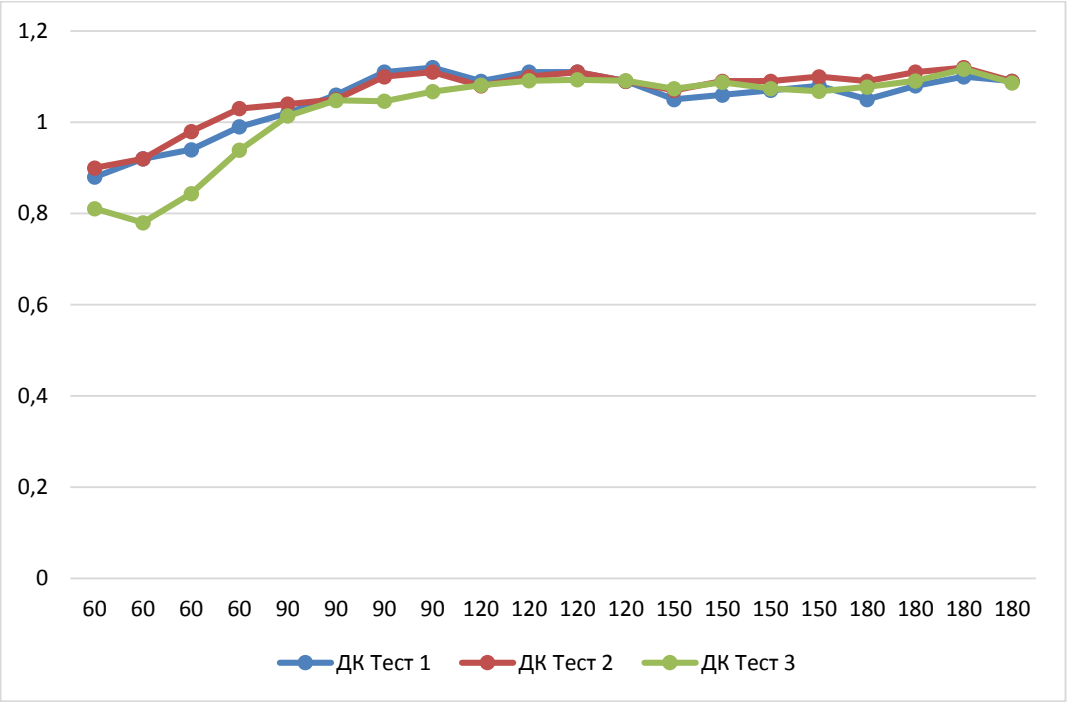


Рис. 4. Кинетика дыхательного коэффициента

На рисунках 2 и 3 видно, что дополнительная активность мышц рук с гантелями 1,8 кг приводит к дополнительной легочной вентиляции и потреблению кислорода на протяжении всего тестирования. Увеличение отягощения для работы рук до 3 кг не привело к эквивалентному увеличению потребления кислорода, но испытуемый уже с большим трудом выполнял это упражнение. По субъективным ощущениям мышцы рук начали утомляться гораздо быстрее, но это никак не сказалось на дыхательном коэффициенте (рис. 4). Максимальная достигнутая мощность при работе ногами не отличалась между тестами и также не было отличий по субъективным ощущениям нагрузки в мышцах ног.

В качестве промежуточных итогов можно отметить следующие моменты:

1. Включение в работу мышц рук приводит к увеличению потребления кислорода при работе на велоэргометре во всем диапазоне нагрузок;

2. Увеличение веса гантелей до 3 кг не дало дополнительной прибавки по потреблению кислорода по сравнению с гантелями 1,8 кг;

3. Отсутствие дополнительной прибавки по потреблению кислорода при работе с гантелями 3 кг, возможно, связано с исчерпанием окислительных возможностей мышц рук или системным ограничением кровотока при работе одновременно четырьмя конечностями (что косвенно подтверждается быстрым утомлением рук с этим весом). Для определения лимитирующего фактора нужны дополнительные исследования;

4. Дополнительная работа руками никак не сказалась на работе ногами.

Полученные данные позволяют предположить, что дополнительная активность мышц рук и туловища при нагрузках, близких к максимальным, может влиять на максимальные значения потребления кислорода, легочной вентиляции и частоты сердечных сокращений. Данное наблюдение необходимо подтвердить на большей группе испытуемых. Если данный феномен подтвердиться, то, возможно, это именно он может служить причиной сложностей в обнаружении так называемого «плато» на графике отношения потребления кислорода к мощности работы.

Заключение. Подключение к работе на велоэргометре дополнительной мышечной активности в виде сгибания рук с гантелями во время максимального нагрузочного теста приводит к увеличению потребления кислорода во всем диапазоне нагрузок и не влияет на работу, выполняемую ногами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Comparison of on-ice and office graded exercise testing in collegiate hockey players / J. Durocher, A. Guisfredi, D. Leetun, J. Carter // Appl Physiol Nutr Metab. – Feb 2010. – № 35(1). – pp. 35-39.
2. Anaerobic and aerobic power in arms and legs of elite senior wrestlers / Horswill C.A., Miller J. E., Scott J. R. [et al.] // J Sports Med. – Nov 1992. – № 13(8). – pp. 556-558.
3. Monahan, K. E. Assessment of Aerobic and Anaerobic Threshold in Five Different Technique Specific Incremental Treadmill Tests in Cross Country Skiing. Master's Thesis in Exercise Physiology / Kristen Elisabeth Monahan. – Department of Biology of Physical Activity, University of Jyväskylä. – 2016. – 73 p.
4. One-legged endurance training: leg blood flow and oxygen extraction during cycling exercise / Rud B., Foss O., Krustrup P. [et al] // Acta Physiol (Oxf). – May 2012. – № 205(1). – pp. 177-185.
5. Schaun, G. Z. The Maximal Oxygen Uptake Verification Phase: a Light at the End of the Tunnel? / G. Z. Schaun // Sports Med Open. – Dec 8, 2017. – № 3(1) – P. 44.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Василий Васильевич Волков – преподаватель кафедры Биохимии и биоэнергетики спорта имени Н. И. Волкова, Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодёжи и туризма, e-mail: fitclub@list.ru.
Ритта Викторовна Тамбовцева – доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой Биохимии и биоэнергетики спорта имени Н. И. Волкова, Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодёжи и туризма, e-mail: ritta7@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Vasilij Vasil'evich Volkov – Lecturer of the Department of Biochemistry and Bioenergetics named after N.I. Volkov, Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism, Moscow, e-mail: fitclub@list.ru.
Ritta Viktorovna Tambovtseva – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Biochemistry and Bioenergetics named after N.I. Volkov, Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism, Moscow, e-mail: ritta7@mail.ru.

Для цитирования: Волков, В. В. Максимальное потребление кислорода и объем работающей мышечной массы во время ступенчатого теста: пилотное исследование / В. В. Волков, Р. В. Тамбовцева // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6. – № 4. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_3

For citation: Volkov V.V., Tambovtseva R.V. Maximum oxygen consumption and muscle mass working during the step test: a pilot study. *Modern Issues of Biomedicine*, 2022, vol. 6, no. 4. DOI: 10.51871/2588-0500_2022_06_04_3