

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МАКСИМАЛЬНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА ПРИ ПЛАВАНИИ И ПРИ РАБОТЕ НА ВЕЛОЭРГОМЕТРЕ

И. В. Григорьева¹, Е. Г. Волкова², И. А. Кондратенко³
^{1,2,3} Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия
¹ griiya@mail.ru

Аннотация. Исследование посвящено сравнительному анализу максимального потребления кислорода (МПК) при плавании и работе на велоэргометре у высококвалифицированных пловцов. Результаты подчеркивают важность учета специфики дыхания при планировании тренировочных программ и оценке аэробной производительности спортсменов.

Ключевые слова: максимальное потребление кислорода (МПК), плавание, велоэргометр, легочная вентиляция, газообмен, дыхательные стратегии.

COMPARATIVE ANALYSIS OF MAXIMUM OXYGEN CONSUMPTION DURING SWIMMING AND WORKING ON A CYCLE ERGOMETER

I. V. Grigorieva¹, E. G. Volkova², I. A. Kondratenko³
^{1,2,3} Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia
¹ griiya@mail.ru

Abstract. This study compares maximal oxygen consumption (VO₂max) during swimming and cycling in highly trained swimmers. The results highlight the importance of considering the specifics of breathing when planning training programs and assessing athletes' aerobic performance.

Keywords: maximum oxygen consumption (VO₂max), swimming, bicycle ergometer, pulmonary ventilation, gas exchange, breathing strategies.

Исследования многих авторов показали, что величина максимального потребления кислорода (МПК) характеризует состояние аэробной производительности организма спортсмена. Величины МПК достигаются при значительной вентиляции легких – 150–200 л/мин. По данным авторов, проводивших исследования с пловцами, легочная вентиляция при определении МПК характеризуется для взрослых пловцов величинами 100–120 л/мин.

В исследовании, выполненном на одних и тех же спортсменах, изучались величины МПК при различных типах мышечной деятельности, включая и плавание. Наибольшие величины МПК были отмечены при работе на велоэргометре и при беге на тредбане, наименьшие – при плавании. Разница величин МПК, полученных на велоэргометре и в воде, составляла 0,57 л при различии в легочной вентиляции 38 л. Эта работа вызвала дискуссию о специфичности работы для определения МПК.

В первой части излагаемого исследования проводится сравнение МПК при плавании и при работе на велоэргометре [1]. Во второй части работы излагаются результаты изучения МПК во время плавания с разным уровнем вентиляции легких и после проплыwania дистанции в первые 15–30 секунд восстановления.

Исследования были проведены на 12 высококвалифицированных пловцах в возрасте 16 – 25 лет. Состав выдыхаемого воздуха определялся по методу Дугласа – Холдена). Для определения газообмена при плавании была сконструирована система «загубник-клапанкран» таким образом, чтобы создавать наименьшее сопротивление при плавании. С этой целью вдыхательный и выдыхательный клапан были размещены в вертикально направленных от загубника трубах вдоха и выдоха. Система крепилась на голове испытуемого при помощи резинового подбородника и наголовника. Выдыхаемый воздух поступал по гибкому шлангу сечением 30 мм через трехходовой кран в мешок Дугласа, который находился на спине экспериментатора, сопровождавшего испытуемого вдоль бортика бассейна. Мертвое пространство «загубника-клапана» составляло 70 мл. Величины МПК определялись в воде при плавании 3×200 м способом кроль на груди с производными интервалами отдыха между дистанциями. Первые 200 м испытуемый проплывал в свободном темпе; вторые – в умеренном и последние – с возрастающей скоростью до максимума к последним 50 м дистанции. Забор выдыхаемого воздуха осуществлялся во время проплывания последних 50 м и в первые 15 – 30 секунд восстановления.

Определение величин МПК на велоэргометре производилось после 10-минутной разминки, нагрузка во время которой составляла 60—70% от той, которая соответствовала МПК с частотой педалирования 70 оборотов в минуту. После 3-минутного отдыха выполнялась 4-минутная работа со ступенчатым увеличением нагрузки и частоты педалирования на каждой минуте. На 4-й мин работы испытуемый увеличивал частоту педалирования до 100—110 об/мин; во время последних 30 секунд ускорения производился забор выдыхаемого воздуха.

Исследования величин МПК при плавании и при работе на велоэргометре показали, что различия в значениях МПК, полученных при плавании и на велоэргометре, незначительны [3]. Средняя величина МПК при плавании была $4,9 \pm 0,23$ л/мин, а при работе на велоэргометре $4,83 \pm 0,44$ л/мин. Различия в величинах МПК были статистически недостоверны. Однако, несмотря на равенство средних величин МПК, плавание характеризовалось меньшей вентиляцией ($129 \pm 9,1$ л/мин), чем работа на велоэргометре ($152 \pm 12,0$ л/мин); разница в легочной вентиляции составляла 23 л. Наряду с этим процент потребления кислорода при плавании был несколько выше ($4,1 \pm 0,3\%$), чем при работе на велоэргометре ($3,9 \pm 0,4\%$).

Можно отметить исключительно высокие цифры МПК у пловцов в первые 15 секунд восстановления после работы максимальной интенсивности: 5,69—6,09 л/мин; 90,2—91,1 мл/кг веса. Эти величины принимаются за показатели рабочего МПК.

Нами было проведено сравнение величин рабочего МПК во время плавания с величинами кислородного потребления в первые 15 – 30 секунд восстановления [2]. Условия опытов варьировали. В первом варианте условия соответствовали тем, при которых проводилось определение МПК во время плавания и в течение 15 секунд восстановления. Во втором варианте испытуемому давалось указание несколько сдерживать легочную вентиляцию и дышать в соответствии с частотой гребков. В третьем варианте, наоборот, испытуемый должен был усилить вентиляцию легких. В четвертом варианте испытуемый плыл без дыхательной маски, совершая, как обычно, вдох над водой и выдох под водой. Немедленно по окончании плавания с максимальной скоростью он подключался к дыхательной маске для забора выдыхаемого воздуха в первые 15 секунд восстановления, так же как это происходило в предыдущих вариантах [3]. Оказалось, что величины потребления кислорода в первые 15 секунд восстановления зависят от уровня легочной вентиляции во время плавания. Коэффициент корреляции между вентиляцией на дистанции и потреблением кислорода во время восстановления был равен 0,892.

Увеличение потребления кислорода в первые 15 секунд восстановления происходит только после недостаточной вентиляции при работе. Это подтверждается и исследованием МПК на велоэргометре, где нами не было получено увеличения уровня потребления кислорода в первые секунды восстановления (легочная вентиляция на велоэргометре для 6 случаев была равна в среднем 172 ± 11 л/мин). Вероятно, по величине относительного увеличения потребления кислорода в первые 15 секунд восстановления можно судить о степени вентиляции во время работы. С этой целью в воде было проведено у тех же испытуемых измерение величин потребления кислорода в первые 15 секунд восстановления после выполнения работы на определение МПК без маски [4].

Предполагалось, что плавание в маске увеличивает легочную вентиляцию вследствие меньшего ограничения времени вдоха. Полученная величина кислородного потребления $5,71 \pm 0,48$ л/мин. Этот показатель подтверждает наше предположение. Следовательно, плавание в естественных условиях характеризуется более низкими величинами легочной вентиляции, чем те, которые получаются при исследованиях газообмена у пловцов с использованием масок и клапанных систем.

1. Различия в величинах МПК, полученных при плавании и при работе на велоэргометре, были статистически недостоверны.

2. Следует различать величины МПК, полученные во время работы и в первые 15 секунд восстановления после нагрузки, соответствующей определению МПК. Величины МПК в первые 15 секунд, восстановления могут до 33,5% превышать величины МПК работы.

3. Величина МПК в первые 15 секунд восстановления после работы, характерной для определения МПК, была тем большей, чем больше была гиповентиляция во время работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Григорьева, И.В. Учет индивидуальных особенностей в различных видах спорта / И.В. Григорьева, Е.Г. Волкова, Е.Н. Петров // Вестник Воронежского института высоких технологий. - 2016. - № 4 (19). С. 125-126.

2 Волкова, Е.Г. Рекреационная деятельность студенческой молодежи / Е.Г. Волкова, Д.С. Григорьев, И.В. Григорьева // Вестник Воронежского института высоких технологий. - 2018. - № 2 (25). С. 154-156.

3 Волкова, Е.Г. Роль физической культуры в укреплении здоровья студентов / Е.Г. Волкова, И.В. Григорьева, Е.Н. Петров // Вестник Воронежского института высоких технологий. - 2020. - № 1 (32). С. 65-67.

4 Григорьева, И. В. Спорт и социальная активность личности / И. В. Григорьева, Е. Г. Волкова // Моделирование систем и информационные технологии: сборник научных трудов. Воронеж, - 2010.- Вып. 7. С. 364-366.

REFERENCES

1 Grigorieva, I.V. Taking into account individual characteristics in various sports / I.V. Grigorieva, E.G. Volkova, E.N. Petrov // Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies. - 2016. - No. 4 (19). P. 125-126.

2 Volkova, E.G. Recreational activities of student youth / E.G. Volkova, D.S. Grigoriev, I.V. Grigorieva // Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies. - 2018. - No. 2 (25). P. 154-156.

3 Volkova, E.G. The role of physical education in strengthening the health of students / E.G. Volkova, I.V. Grigorieva, E.N. Petrov // Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies. - 2020. - No. 1 (32). P. 65-67.

4 Grigorieva, I.V. Sports and social activity of the individual / I.V. Grigorieva, E.G. Volkova // Modeling of systems and information technology: collection of scientific papers. Voronezh, - 2010.- Issue 7. P. 364-366.