

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВУХ ТЕСТОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСИМУМА O_2 -ПОТРЕБЛЕНИЯ У СПОРТСМЕНОВ

Е.А. ШИРКОВЕЦ,
ВНИИФК

Аннотация

В статье приведен анализ эффективности определения максимальных величин потребления кислорода при тестировании со ступенчатым увеличением нагрузок и с постоянной по мощности работой. Сравнение результатов тестирования 95 спортсменов, последовательно выполнивших оба теста, выявило значительные вариации при выявлении пиковых величин сравниваемых показателей.

Ключевые слова: максимум O_2 -потребления, эффективность тестов.

Abstract

In article the analysis of efficiency of definition of the maximal sizes of consumption of oxygen is resulted at testing with step increase in loadings and from a constant on capacity work. Comparison of results of testing of 95 sportsmen who have consistently executed both tests, has revealed significant variations at revealing peak sizes of compared parameters.

Key words: the maximal consumption of oxygen, comparison of efficiency of tests.

В спортивных дисциплинах, связанных с проявлением выносливости, наибольшее значение имеет аэробная производительность [1, 3]. Ее в первую очередь характеризует показатель максимального потребления кислорода ($\max VO_2$), который принято считать эталонным кардиореспираторных возможностей человека. При определении $\max VO_2$ в лабораторных условиях наиболее часто применяется метод ступенчатого увеличения дозированных физических нагрузок [2]. Условиями корректного проведения исследований со ступенчатой повышающейся нагрузкой являются следующие: а) длительность работы на каждой ступени должна быть достаточной для развертывания функций организма; б) количество последовательных повышений мощности работы должно составлять не менее 4–5 для вычисления необходимых эргометрических показателей. В другом виде испытаний испытуемый выполняет работу постоянной мощности, которая позволяет достичь максимума аэробной производительности.

Цель данного исследования – сравнение эффективности двух тестов с точки зрения определения действи-

тельного максимума O_2 -потребления у хорошо тренированных спортсменов.

Методы и испытуемые

В первом тесте использовалась схема ступенчатого повышения нагрузок. При тестировании на велоэргометре через каждые три минуты работы мощность возрастала на 75 Вт при постоянной частоте педалирования, равной 75 об./мин. Работа продолжалась до тех пор, пока испытуемый мог поддерживать заданную мощность.

Во втором тесте выполнялась работа на уровне критической мощности. Критической в данном случае считается такая мощность работы, при которой испытуемый достигает максимума потребления кислорода. Работе предшествовала 10-минутная разминка при ЧСС от 120 до 140 уд./мин. В обоих тестах испытуемые выполняли нагрузки до отказа.

На графиках рис. 1 показаны схемы тестирования в перечисленных тестах: слева – тест со ступенчатым увеличением мощности работы, справа – работа с выполнением работы постоянной мощности.

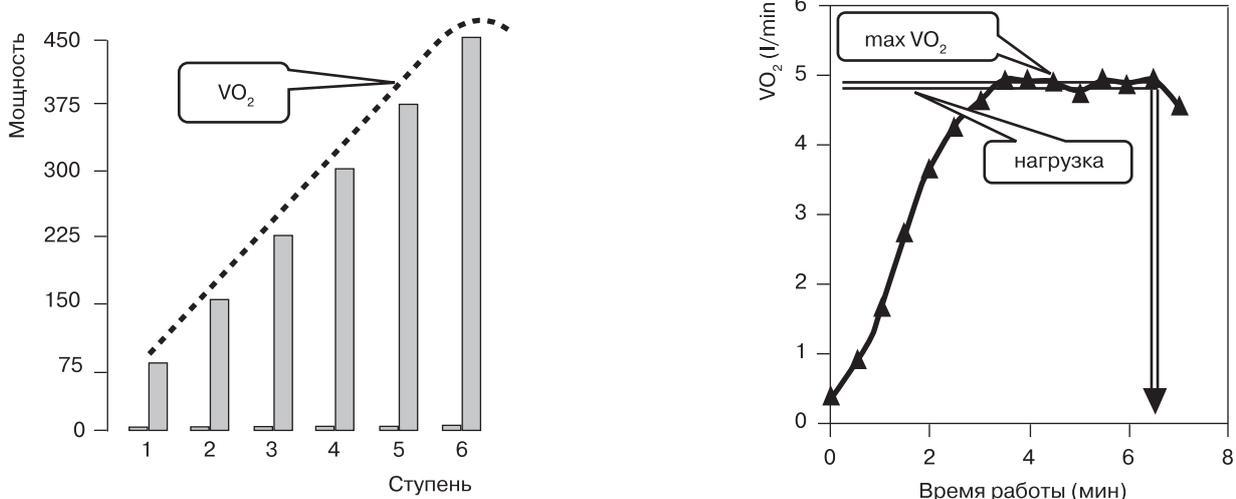


Рис. 1. Схема динамики нагрузок и уровня O_2 -потребления работы в двух видах тестирования

Во время работы регистрировалась легочная вентиляция (VE), уровень O₂-потребления (VO₂) и двуокиси углерода в выдыхаемом воздухе (VCO₂). В статье анализируются показатели, полученные при достижении спортсменом максимального уровня потребления кислорода. Показатели дыхательного коэффициента (около 1,10) и эксцесса CO₂ (Exc CO₂) соответствуют условиям работы на уровне максимального потребления кислорода. Эти показатели служат критериями достижения предельного уровня аэробной производительности.

Концентрация двуокиси углерода отражает степень метаболического ацидоза с частичной или полной компенсацией. При этом неметаболический избыток двуокиси углерода (Exc CO₂) обусловлен связыванием лактата бикарбонатами крови. При интенсивной мышечной деятельности он определяется следующим соотношением: $Exc\ CO_2 = \Delta R \times VO_2$, где ΔR – прирост дыхательного коэффициента по сравнению с уровнем покоя, VO₂ – текущий уровень потребления кислорода.

При анализе графика O₂-потребления в тесте со ступенчатым увеличением нагрузки определялся тот наименьший уровень мощности, который позволяет до-

стигать maxVO₂. Данную мощность работы определяли как критическую, превышение ее приводит к активизации анаэробных процессов [4]. После полного отдыха каждый испытуемый выполнял второе упражнение на велоэргометре. Во время тестирования мощность работы была постоянной и выполнялась до отказа от работы вследствие утомления.

В испытаниях приняли участие спортсмены разных специализаций, возраст их составлял 21±2,4 года. Оценивались результаты стандартного тестирования 95 испытуемых, в течение двух дней выполнивших оба упражнения. Таким образом, была получена возможность сравнить тесты с точки зрения вероятности достижения спортсменами пиковых величин потребления кислорода.

Результаты

Описательная статистика экспериментальных данных представлена в таблице. Сравняется максимальное потребление кислорода (max VO₂, л/мин), максимальная легочная вентиляция (max VE, л/мин), утилизация кислорода (% O₂) и эксцесс CO₂ (Exc CO₂, л/мин), полученные в двух видах тестирования.

Сравнение показателей в тестах со ступенчатым увеличением нагрузки (1) и предельной работой на уровне критической мощности (2)

	max VO ₂ (1)	max VO ₂ (2)	max VE (1)	max VE (2)	% O ₂ (1)	% O ₂ (2)	Exc CO ₂ (1)	Exc CO ₂ (2)
X	4,63	4,79	158,26	156	2,95	3,12	1,77	1,90
S _x	0,05	0,05	2,23	2,21	0,04	0,04	0,04	0,04
σ	0,47	0,50	21,76	21,58	0,35	0,36	0,35	0,42
Эксц.	-0,30	-0,89	1,00	-0,55	-0,52	2,39	0,07	-0,20
Асим.	0,20	-0,04	0,74	0,17	-0,01	0,39	-0,32	-0,13
Мин	3,55	3,76	114	106	2,22	2,24	0,83	0,86
Max	5,73	5,80	234	201	3,74	3,71	2,63	2,75

Приведенные данные показывают, что maxVO₂ в первом тесте составил 4,63±0,47 л/мин при вариациях от 3,55 до 5,73 л/мин, а во втором тесте – 4,79±0,50 л/мин с разбросом от 3,76 до 5,80 л/мин. В тесте с предельной работой на критической мощности max VO₂ был выше, чем в ступенчатом тесте, в среднем на 0,16 л/мин, различия статистически достоверны при p < 0,01.

Сравнение максимальных величин легочной вентиляции показывает, что в среднем показатели в ступенчатом тесте составили 158,3±21,8 л/мин, а при втором тестировании – 156±21,6 л/мин, различия статистически недостоверны.

В следующих двух столбцах приведены показатели утилизации кислорода из вентилируемого воздуха при достижении максимального уровня O₂-потребления. В тесте со ступенчатым увеличением нагрузок средние величины составили 2,95±0,35% O₂ (от 2,22 до 3,74%), а в при работе на критической мощности – 3,12±0,34% O₂ (от 2,24 до 3,71%). Показатели достоверно выше во втором тесте (p < 0,01), то есть при примерно равных легочной вентиляции выявлена более эффективная утилизация кислорода при равномерной работе на критической мощности. В итоге здесь зафиксированы до-

стоверно большие величины показателей максимальной аэробной мощности.

Отсюда можно сделать вывод, что тестирование с работой на уровне критической мощности более эффективно при определении пиковых величин maxVO₂. Но следует подчеркнуть, что величина критической мощности определялась по результатам ступенчатого теста. Таким образом, очевидно, что вероятность выявления истинного максимума O₂-потребления существенно повышается при проведении рассматриваемых двух тестов. Этот факт особенно важен при перманентном тестировании спортсменов высокой квалификации, тренирующих физическое качество выносливости.

Еще один показатель, приведенный в таблице, представляет эксцесс CO₂, который служит критерием интенсивности нагрузок. Этот показатель является коррелятом концентрации лактата в крови. Для ступенчатого теста средняя величина составила 1,77±0,35 л/мин, а для второго теста – 1,90±0,42 л/мин, что достоверно выше по сравнению с первым тестом (p < 0,01). Таким образом, работа предельной продолжительности на критической мощности сопровождается большим истощением ресурсов организма по сравнению со ступенчатым тестом.

Обсуждение

На приведенных ниже графиках (рис. 2) представлено поле рассеяния показателей утилизации кислорода и вентиляции легких при достижении пиковых значений потребления кислорода в сравниваемых тестах.

В обоих случаях соотношение показателей характеризуется линейной зависимостью, а также достоверной корреляцией величин в сравниваемых тестах (соответственно 0,609 и 0,787). Однако анализ приведенных на графиках коэффициентов детерминации показывает, что

показатель утилизации кислорода в первом тесте только на 37% взаимосвязан с вероятностью таких величин во втором тесте. Более высокая степень детерминированности показателей (59%) в сравниваемых тестах наблюдается в отношении легочной вентиляции. Отсюда следует, что в большей степени различия в достигаемых пиковых величинах O_2 -потребления определяются способностью извлекать кислород из вентилируемого воздуха. Эта способность в значительной степени интегральна, она определяется как кислородтранспортной функцией крови, так и эффективностью тканевого дыхания.

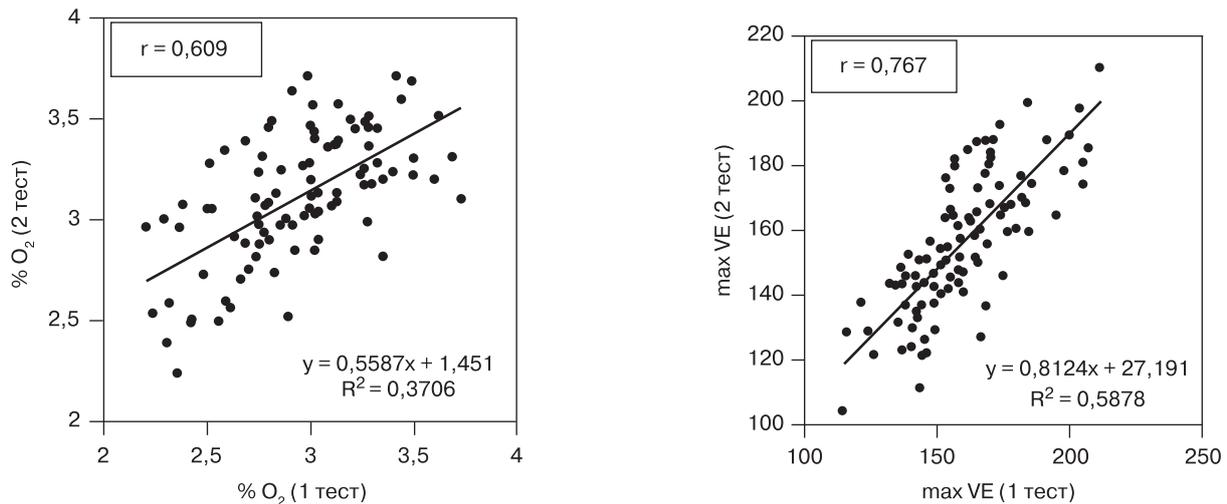


Рис. 2. Соотношение показателей утилизации кислорода (А, %) и легочной вентиляции (Б, л/мин) при достижении максимального потребления кислорода в двух видах тестирования испытуемых

На следующих графиках (рис. 3) приведено аналогичные примеры полей рассеяния показателей максимального потребления кислорода и эксцесса CO_2 , определенных в двух видах тестирования.

Наименее тесная взаимосвязь показателей выявлена в отношении эксцесса CO_2 , корреляция величин составила всего 0,341. Это показывает, что эти величины, отражающие степень истощения при выполнении работы, в малой степени связаны между собой. В большей степени

коррелированы показатели $\max VO_2$ при последовательных определениях этого качества (0,665), однако и здесь степень детерминированности составляет 44%. Из графика видно, что различие измеренных величин $\max VO_2$ может превышать 0,5 л/мин у одного и того же испытуемого. И это не результат ошибки измерения, а различия функционального состояния организма, степень мотивированности при выполнении истощающей работы и другие факторы.

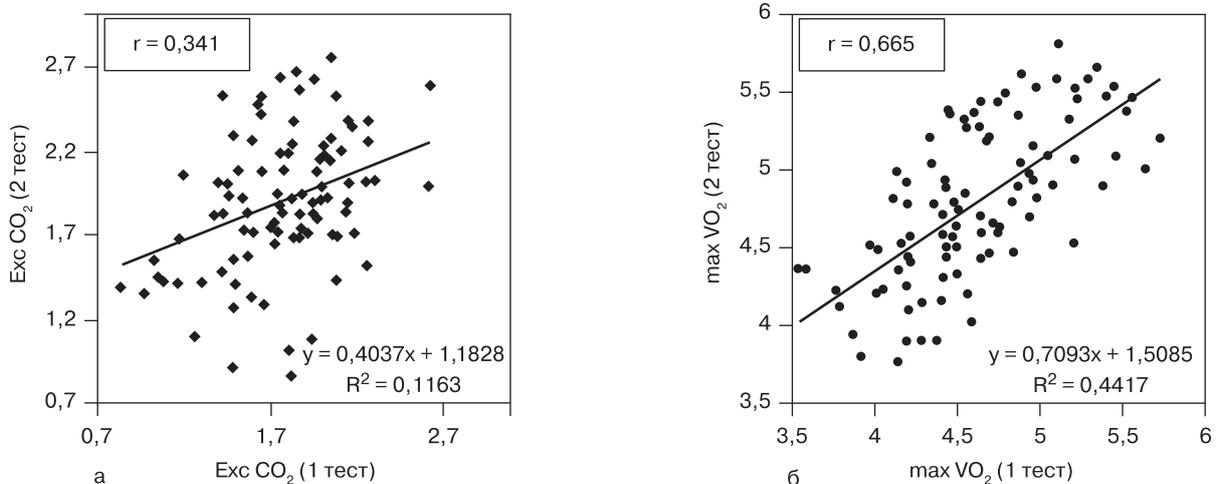


Рис. 3. Сравнение величин эксцесса CO_2 (а, л/мин) и максимального потребления кислорода (б, л/мин), определенных в двух видах тестирования испытуемых

Обобщенную картину взаимосвязи рассматриваемых показателей дает факторный анализ (метод главных компонент). В результате расчетов выделены два основных фактора.

В генеральном факторе, объясняющем 45,5% общей дисперсии, наибольшие веса имеют показатели $\max \dot{V}O_2$ в обоих тестах, а также время работы в ступенчатом тесте и величина $\text{Exs } CO_2$, то есть показатели, интегрально отражающие аэробную производительность спортсменов.

Второй фактор (22,4%) показывает соотношение основных компонентов, определяющих разные звенья тестируемого качества, – легочной вентиляции и утилизации кислорода при напряженной мышечной деятельности. Следует отметить, что эти два качества находятся в противофазе по отношению друг к другу – чем интенсивнее вентиляция легких, тем меньшая доля извлекаемого кислорода и тем меньшая экономичность производимой работы. Следует подчеркнуть еще одну особенность – длительность работы на уровне крити-

ческой мощности не вошла ни в первый, ни во второй фактор. Это обусловлено тем, что данный показатель представляет другую характеристику аэробных возможностей, а именно – аэробную емкость, способность длительное время работать на максимальном уровне аэробных возможностей.

Заключение

Обследование большого количества испытуемых и анализ полученных данных создают основу для оценки валидности тестов, используемых при определении максимальной аэробной мощности. Это наиболее актуально в циклических видах спорта, где специальная выносливость зависит от аэробных возможностей спортсмена. Результаты выполненной работы показывают, что величина $\max \dot{V}O_2$ варьирует в широких пределах. Она зависит от выбранной методики тестирования, а также от перманентного функционального состояния, степени мотивации и других факторов.

Литература

1. *Davis James A., Storer T.W., Caiozzo V.J.* Lower reference limit for maximal oxygen uptake in men and women // *Clin. Physiol. and Funct. Imag.* – 2002. – 22. – № 5. – P. 332–338.
2. *Niederberger M.* Prinzipien der Ergometrie // *Herz.* – 1992. – 7. – № 1. – P. 1–19.
3. *Rusko H., Havu M.* Aerobic performance capacity in athletes // *J. Appl. Physiol.* – 1998. – 38. – 2. – P. 151–159.
4. *Волков Н.И., Ширковец Е.А.* Об энергетических критериях работоспособности спортсменов // Сб. «Биоэнергетика». – Л., 1973. – С. 18–30.
5. *Ширковец Е.А., Озолин Э.С., Арансон М.В., Овчаренко Л.Н.* Методология и методы определения функциональных возможностей спортсменов // *Вестник спортивной науки.* – 2010. – № 4. – С. 3–8.