

П. В. Михайлов, И. А. Осетров, Ю. Л. Масленникова, А. А. Муравьев, И. А. Баканова

### Оценка физической работоспособности в разных возрастных группах

*Работа выполнена в рамках реализации Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.*

Преобладающее большинство методик определения аэробной физической работоспособности основаны на анализе частоты сердечных сокращений, зарегистрированной во время выполнения дозированной физической нагрузки. Известно, что с возрастом происходит закономерное снижение резервных возможностей сердечно-сосудистой системы и, как следствие этого, уменьшение ответной пульсовой реакции на нагрузку. В статье рассмотрены методические приемы, позволяющие учитывать инволюционные изменения у лиц старших возрастных групп для корректной оценки физической работоспособности.

**Ключевые слова:** физическая работоспособность, максимальное потребление кислорода, критическая мощность, частота сердечных сокращений, возрастные группы.

P. V. Mikhailov, I. A. Osetrov, Ju. L. Maslennikova, A. A. Muravyov, I. A. Bakanova

### Estimation of Physical Performance in Persons of Different Age

Many techniques of the physical performance determination are based on the analysis of heart rate, registered under standard physical load protocols. The reserve capacities of the cardiovascular system are reduced with age and as a consequence of this decrease of the heart response to the physical load. In the present paper new approaches to estimate the physical working capacity in a proper way were worked out. It was completed with the regards to the aging of individuals.

**Keywords:** physical performance, maximal oxygen consumption, critical power, heart rate, age groups.

Исследование проблемы физической работоспособности ведется уже более 100 лет, и за этот период были разработаны три основных подхода к ее решению: эргометрический [6], физиологический [9] и энергетический [11]. Эргометрический подход заключается в непосредственном измерении объема и интенсивности выполняемой нагрузки, но в его рамках невозможно оценить экономичность и «физиологическую стоимость» мышечной работы [4, 5]. Энергетический подход базируется на концепции R. Margaria [11] и предполагает оценку мощности, емкости и экономичности каждого из трех источников энергии, функционирующих в скелетной мышце: аэробного, анаэробного гликолитического и анаэробного фосфагенного. Однако он страдает от недостатка хорошо разработанных тестов, что существенно затрудняет проведение исследований и трактовку получаемых результатов [8].

Физиологический подход основан на установленной А. Хиллом [9] линейной зависимости функциональных показателей вегетативных систем организма от мощности физической работы. В рамках физиологического подхода рассматриваются две

группы показателей: скорость нарастания функции при увеличении нагрузки (угол наклона кривой) и абсолютный предел активности функции. В общем случае принято считать, что чем меньше скорость нарастания функции и чем выше абсолютный предел ее активности, тем выше уровень физической работоспособности. Важно учитывать, что во избежание грубых ошибок в оценках следует рассматривать обе эти характеристики совместно [8].

Одним из самых широко используемых в исследовательской практике показателей работоспособности является определение максимального потребления кислорода (МПК). Однако сама по себе величина МПК может и не отражать уровень аэробной производительности, если одновременно не учитывать мощность нагрузки, при которой она достигается. Например, в возрасте от 10 до 18 лет самая высокая относительная величина МПК наблюдается в 14 лет, однако абсолютный уровень работоспособности в этом возрасте не является столь существенным и значительно уступает данным 17–18-летних юношей. При этом относительная величина МПК у них на 10–15 % ниже. Кроме того, величина крити-

ческой мощности, при которой регистрируется МПК, в 14 лет составляет менее 4 Вт/кг, тогда как в 17–18 лет – 4,3–4,5 Вт/кг [4]. Точно также можно утверждать, что уровень работоспособности спортсмена, имеющего МПК 60 мл/мин/кг при критической мощности, равной 4,3 Вт/кг, на самом деле ниже, чем у другого спортсмена, имеющего МПК 55 мл/мин/кг, для достижения которого он развивает мощность 4,7 Вт/кг.

Известно, что степень наклона кривой графика зависимости потребления кислорода и мощности нагрузки имеет большее значение для характеристики работоспособности, чем сама по себе величина МПК [2, 8]. Более того, на обсуждаемую зависимость существенно влияет и достижение каждым испытуемым максимальной частоты сердечных сокращений, которая с возрастом изменяется. Если данную закономерность не учитывать при расчетах, то можно получить ошибочные, более высокие показатели аэробной работоспособности у лиц старших возрастных групп.

С учетом вышесказанного целью работы был сравнительный анализ основных показателей,

характеризующих физическую работоспособность, у лиц разного возраста.

### Материал и методы

В исследовании приняли участие добровольцы в возрасте от 20 до 69 лет, систематически не занимающиеся физической культурой и спортом. Для решения поставленных задач были сформированы 5 групп лиц разного возраста: от 20 до 60 лет и старше (табл. 1).

При изучении работоспособности применяли комплексный подход [7]. Ее определяли, используя велоэргометрический тест со ступенчато возрастающей нагрузкой (25 Вт в минуту) и последующим расчетом показателя PWC и величины МПК. Показатель PWC определяли по формуле:  $PWC = N1 + (N2 - N1)$ , где PWC – физическая работоспособность при изменяющейся с возрастом частоте сердечных сокращений; N1 – мощность нагрузки при ЧСС, составляющей 60 % от возрастного максимального значения; N2 – мощность нагрузки при ЧСС, составляющей 87 % от возрастного максимального значения. Максимальную ЧСС определяли по формуле  $ЧСС_{\text{м}} = 217 - (0,85 \times \text{возраст})$  [12].

Таблица 1

Возрастные группы и число испытуемых (n) в каждой группе

Возрастные группы	20–29 лет	30–39 лет	40–49 лет	50–59 лет	60 лет и старше
n	13	13	10	10	10

Для расчета МПК применяли формулу  $MПК = (1240 + 1,7 \times PWC) / 1000$  [3].

Для более полной характеристики аэробной производительности определяли величину критической мощности, при которой регистрировали МПК.

### Результаты и их обсуждение

На рисунке представлены показатели МПК в разных возрастных группах, а также величина критической мощности, при которой достигается МПК. В первой группе МПК составило  $49,3 \pm 4,6$  мл/мин/кг, во второй –  $49,0 \pm 8,4$ , в третьей –  $47,6 \pm 5,3$ , в четвертой –  $47,5 \pm 4,1$  и в пятой –  $44,1 \pm 8,1$ . Разница между первой и пятой возрастными группами была равна 11 % и не являлась статистически достоверной ( $p=0,53$ ). Уравнение линейной регрессии, описывающее зависимость МПК от возраста, имеет вид  $y = -0,12x + 52,9$  при величине достоверности аппроксимации данных ( $R^2$ ) 0,83.

При расчетном методе определения МПК важно учитывать индивидуальную максимально

достижимую величину частоты сердечных сокращений (ЧСС<sub>м</sub>). Определить ЧСС<sub>м</sub> можно либо при выполнении циклической нагрузки до отказа, либо расчетным способом. Первый способ не применим при работе с физически неподготовленными лицами и с испытуемыми старших возрастных групп. Расчетный способ основан на зависимости ЧСС<sub>м</sub> от возраста, которая выражается в закономерном снижении этого показателя у лиц зрелого и пожилого возраста. R. Sheppard (1969) предложил формулу  $ЧСС_{\text{м}} = 220 - \text{возраст}$  в годах, но это уравнение дает лишь приблизительное значение, так как отношения между ЧСС<sub>м</sub> и возрастом не линейны. Другие исследователи предложили альтернативные формулы:

$$ЧСС_{\text{м}} = 206,3 - (0,711 \times \text{возраст}) [10],$$

$$ЧСС_{\text{м}} = 217 - (0,85 \times \text{возраст}) [12].$$

Такой подход позволяет наиболее достоверно вычислить ЧСС<sub>м</sub>.



Рис. 1. Показатель МПК и величина критической мощности, при которой регистрируется МПК в разных возрастных группах

При оценке физической работоспособности важно учитывать не только величину МПК, но и мощность нагрузки, при которой она регистрируется. Полученные результаты указывают на то, что величины критической мощности снижается с возрастом и ее изменения были более выраженными, чем показателя МПК (рис. 1). В первой группе она была равна  $3,39 \pm 0,45$  Вт/кг, во второй –  $3,34 \pm 0,73$ , в третьей –  $3,30 \pm 0,41$ , в четвертой  $3,12 \pm 0,42$  и в пятой –  $2,65 \pm 0,90$ . Различия между первой и пятой группами были статистически значимы ( $p < 0,05$ ) и составили 22 %. Уравнение линейной регрессии, описывающее зависимость критической мощности от возраста, имеет вид:  $y = -0,02x + 3,9$ ; при  $R^2 = 0,79$ .

### Заключение

Таким образом, полученные результаты указывают на снижение работоспособности с возрастом. От первой к четвертой возрастной группе исследуемые показатели изменялись умеренно и различия между группами не превышали 6 %. В группе 5 изменения имеют более выраженный характер, а разница с аналогичными показателями в четвертой группе составляет более 15 %. При этом в большей степени снижается не сам показатель МПК, которым часто ограничиваются при оценке работоспособности человека, а величина критической мощности, при которой он регистрируется.

### Библиографический список

1. Аулик, И. В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте [Текст] / И. В. Аулик. – М. : Медицина, 1990. – 192 с.
2. Афанасьев, В. В. Сравнительный анализ показателей физического развития и подготовленности у лиц с разным уровнем аэробной работоспособности / В. В. Афанасьев [и др.] // Ярославский педагогический вестник. – 2009. – № 1 – С. 19–24.
3. Карпман, В. Л. Тестирование в спортивной медицине [Текст] / В. Л. Карпман, З. Б. Белоцерковский, И. А. Гудков. – М. : Физкультура и спорт, 1988. – 234 с.
4. Корниенко, И. А. Возрастное развитие энергетики мышечной деятельности: итоги 30-летнего исследования. Сообщение 2. «Зоны мощности» и их возрастные изменения [Текст] / И. А. Корниенко, В. Д. Сонькин, Р. В. Тамбовцева // Физиология человека. – 2006. – Т. 32, № 3. – С. 135–141.
5. Михайлов, П. В. Изменение параметров системы микроциркуляции в ответ на физическую нагрузку разной интенсивности [Текст] / П. В. Михайлов [и др.] // Ярославский педагогический вестник. – 2012. – Т. 3, № 1 – С. 121–125.
6. Моссо, А. Усталость [Текст] : [пер. с итал. ] / А. Моссо. – СПб., 1893. – 14 с.
7. Основы отбора, прогноза и контроля в спорте [Текст] : монография / под ред. В. В. Афанасьева. – Ярославль : Изд-во ЯГПУ, 2008. – 278 с.
8. Сонькин, В. Д. Проблема оценки физической работоспособности [Текст] / В. Д. Сонькин // Вестник спортивной науки. – 2010. – № 2. – С. 37–42.
9. Hill, A.V. Muscular movement in man. – N.Y.: McGraw Hill Book co., 1927. – 104 p.
10. Londerce. Effect of age and other factors on HR max / Londerce & Mooschborger // Research Quarterly for Exercise & Sport. – 1982. – V.53. – N.4. – P. 297–304.
11. Margaria, R. Biomechanics and energetics of muscular exercise. – Oxford: Clarendon Press, 1976. – 146 p.
12. Miller. Predicting max HR / Miller et al // Medicine & Science in Sports & Exercise. – 1993. – V. 25. – N.9. – P. 1077–1081.

