

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА

УДК 378 (05):7А.35

СЕРГИЕНКО Л. П.

Николаевский межрегиональный институт развития человека ВУЗ «Открытый международный университет развития человека «Украина»

Непрямые методы определения максимального потребления кислорода (обзор)

Аннотация. Цель: описать методологию использования непрямых методов определения максимального потребления кислорода. **Материал и методы:** в работе были использованы методы теоретического анализа и обобщения, библиографический метод поиска и изучения научной информации, системный анализ. **Результаты:** в классификации непрямых методов определения VO_{2max} выделено пять групп: метод анкетного опроса, тесты, основанные на оценке функциональной деятельности, тесты умеренной физической активности, беговые тесты (состоят из трех групп вариативных тестов), тесты, требующие использования механических приспособлений (степ-тесты и велозергометрические тесты). **Выводы:** рассмотрены методологические особенности использования непрямых методов определения максимального потребления кислорода.

Ключевые слова: максимальное потребление кислорода, тесты, классификация методов, непрямые методы оценки VO_{2max}

Введение. В фитнесе неотъемлемым компонентом любой общей программы занятий физическими упражнениями является развитие аэробной выносливости. В целом же состояние здоровья большей части населения в той или иной мере определяется видами двигательной активности аэробной направленности (бегом, ездой на велосипедах, передвижением на лыжах, плаванием и т. п.). Информативным показателем аэробной выносливости (как и в целом состояния здоровья человека) является максимальное потребление кислорода (МПК или VO_{2max} [6]). МПК – это максимальная интенсивность использования кислорода во время выполнения тренировочной физической нагрузки (измеряется в мл·мин⁻¹ или мл·кг⁻¹·мин⁻¹).

Физиологической основой непрямых методов определения МПК является прямая зависимость между VO_{2max} , частотой сердечных сокращений (ЧСС) и физической нагрузкой (рис. 1).

Если между VO_{2max} и механической мощностью работы наблюдается линейная зависимость, то ЧСС и VO_{2max} в определенных сегментах траектории увеличиваются не линейно (рис. 2). ЧСС увеличивается пропорционально только до 85% мощности работы, а потом следует не всегда строго линейному пути. Отсюда косвенное определение МПК не всегда точное. Использовать методы непрямого определения МПК у спортсменов не целесообразно, так как полученные данные различными косвенными методами дают различающиеся показатели. Непрямые методы определения VO_{2max} в основном рекомендованы для оценки развития аэробной выносливости у людей, занимающихся фитнесом (физическим воспитанием). Эти методы относительно более проще, чем методы прямого определения МПК. Одновременно в тестировании может участвовать группа людей. Они не требуют сложного оборудования и обученного персонала.

Цель исследования: описать методологию использования непрямых методов определения МПК, которая используется в основном за рубежом.

dx.doi.org/10.15391/sns.v.2015-1.021

© СЕРГИЕНКО Л. П. 2015

**Задачи исследования:**

1. Привести классификацию непрямых методов определения МПК.

2. Описать методологию некоторых непрямых методов опре- **и методы исследования.** В работе были использованы методы теоретического анализа и обобщения, библиографический метод поиска и изучения научной информации, системный анализ. Как отмечают специалисты, обзорные статьи какой-либо проблемы формируют целостное представление об определенном научном направлении и являются мощным стимулом будущих исследований.

Результаты исследований и их обсуждение.

Приведем классификацию непрямых методов определения МПК и некоторые тестовые методики непрямой оценки VO_{2max} .

1. Классификация непрямых методов определения МПК. Схема классификации непрямых методов определения МПК приведена на рис. 3. Кратко опишем схему классификации.

Метод анкетного опроса (безнагрузочный метод). Данный метод основан на оценке двигательной активности, полученной из анкетного опроса. Анкета оценки двигательной активности по 7-балльной шкале разработана А. S. Jackson et al. [14]. А управление оценки VO_{2max} , исходя из показателей двигательной активности, предложен С. E. Matthews, D. P. Heil, P. S. Freedson, H. Pastides [19]. Безнагрузочный метод оценки VO_{2max} рекомендован для массовых исследований мужчин и женщин в возрасте от 19 до 79 лет.

Тесты, основанные на оценке функциональной деятельности. Непрямое определение МПК у детей младшего школьного возраста Апанасенко предлагает определять по массе тела, жизненной емкости легких (ЖЕЛ) и простым силовым тестам (динамометрии сильнейшей кисти – у мальчиков и прыжка в длину с места – у девочек). Для взрослых людей Душанин предлагает оценивать VO_{2max} по особенностям функциональной деятельности ЧСС в состоянии покоя и в период восстановления поле 20 глубоких приседаний. Учитывается также при этом морфология (объем) сердца.

Тесты умеренной физической активности. Для нетренированных людей непрямо определение



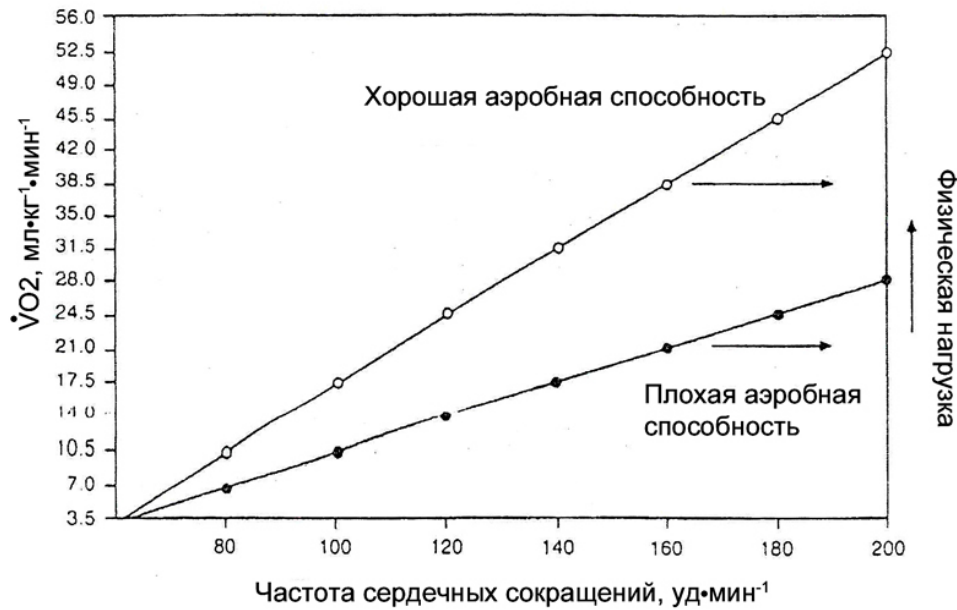


Рис. 1. Зависимость между МПК, ЧСС и физической нагрузкой [20]

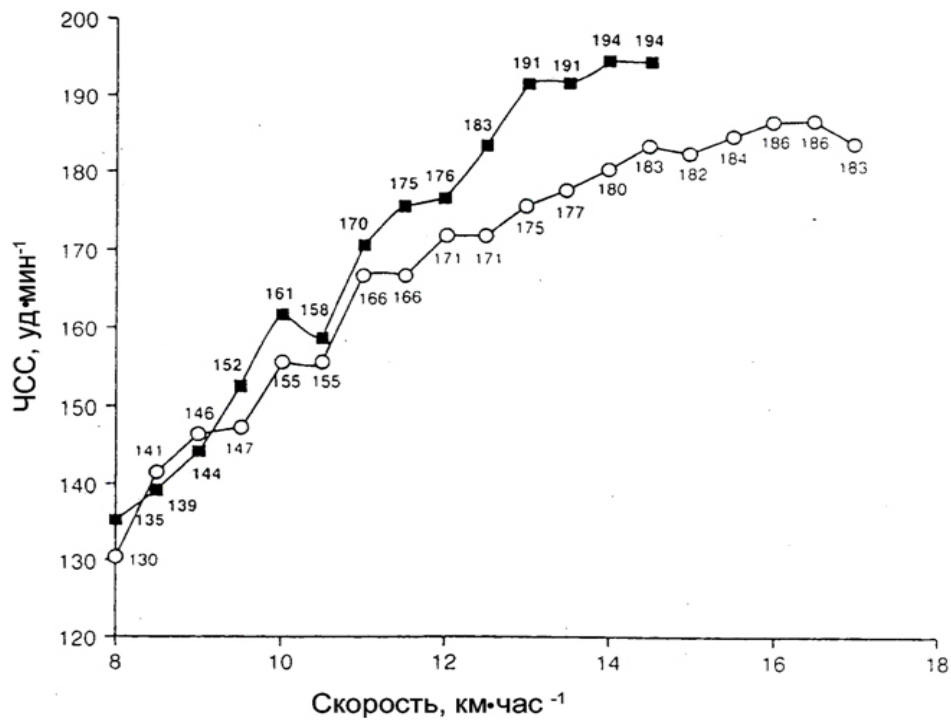


Рис. 2. Зависимость между ЧСС и скоростью езды на велосипеде у двух спортсменов [10]

VO_{2max} может оцениваться при выполнении ходьбы F. A. Dolgener et al. [11] предложил использовать для юношей и девушек колледжей в качестве теста ходьбу на 1 милю (1609 м), а K. Kukkonen-Harjula et al. [16] для людей в возрасте от 20 до 64 лет, имеющих избыточную массу тела, ходьбу на дистанцию 2 км. Основными показателями для расчета служат время преодоления установленной дистанции, ЧСС и индекс массы тела (body mass index – BMI).

Беговые тесты. Более усложненный вариант использования нагрузочных тестов позволяет осуществлять прогнозу МПК по результатам бега на различные дистанции. Детям в возрасте 6–7 лет предлагается бег на 600 м, 8–11 лет – на 1000 м, 12–15 лет – на 1500 м, девушкам в возрасте 16–17 лет и

старше – бег на 2000 м, а юноши в этом же возрасте 3000 м. Y. Jeannotat [15] для физически подготовленных людей предлагает оценить МПК по результатам теста Купера (12-минутного бега). В тесте определяется длина дистанции, которую пробегал испытуемый, и по его результатам делается оценка показателей VO_{2max} . Надежную оценку МПК, как полагают L. Leger, D. Mercier [18], можно осуществить также по тесту со ступенчато возрастающей интенсивностью. В отечественной литературе он назван «прогрессирующий длительный бег по методике Легер» [7].

Степ-тесты и велоэргометрические тесты. Относительно несложное оборудование необходимо для непрямої оцінки МПК в субмаксимальних навантажувальних

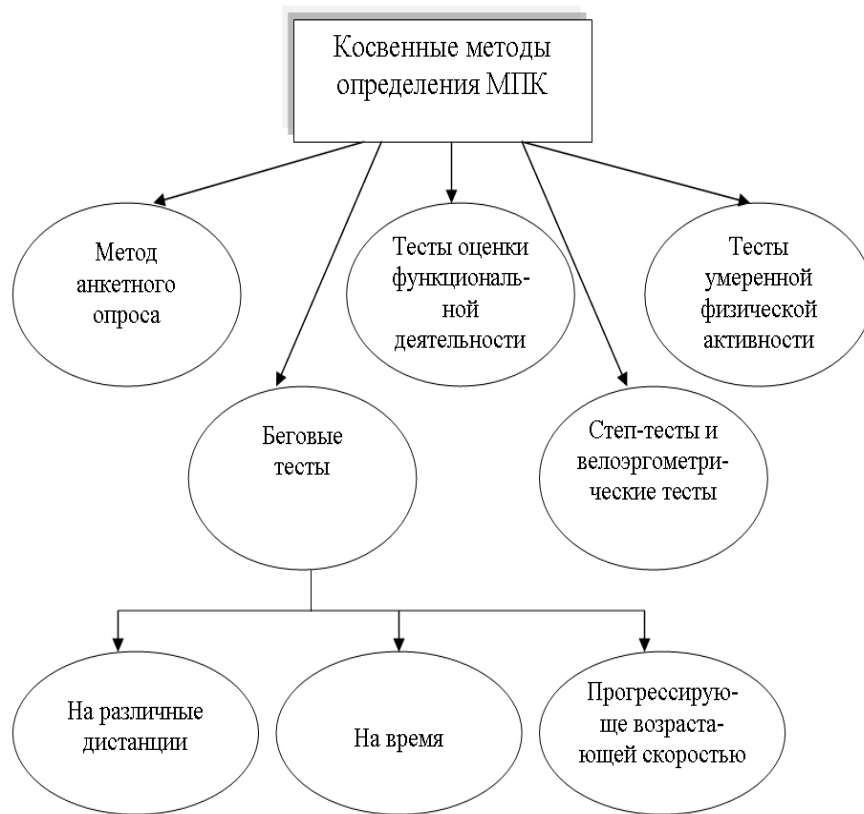


Рис. 3. Классификация непрямых методов определения МПК

ных лабораторных тестах: степ-тестах и велоэргометрических тестах. Исходными показателями здесь является ЧСС и мощность выполняемой работы. Оценка МПК происходит в соответствии с расчетами соответствующих формул или по номограммам.

2. Методика непрямого определения МПК. Последовательно (от самых простых к более сложным) опишем методологию тестов непрямого определения МПК.

Анкетный метод.

Целью анкетного опроса является описание двигательной активности человека в течение последнего месяца, предшествующего составлению анкеты. Уровень двигательной активности анкетированного оценивается от 0 до 7 баллов. Баллы начисляются следующим образом:

0 – опрашиваемый избегает каких-либо прогулок, всегда пользуется лифтом, при любой возможности садится в транспорт вместо того, чтобы идти пешком;

1 – часто прогуливается, испытывая при этом удовольствие, обычно поднимается на этаж дома по ступенькам, выполняет физические упражнения с целью вызвать активное дыхание или потоотделение;

2 – от 10 до 60 минут в неделю активно занимается физическими упражнениями: каким либо видом спорта, работой в саду и на даче;

3 – более 30 мин в неделю занимается активной двигательной деятельностью или физической работой;

4 – пробегает не менее 1 мили (1,6 км) в неделю или занимается не менее, чем 30 мин тяжелыми физическими упражнениями: ездой на велосипеде, лы-

жах, теннисом, баскетболом, гандболом и т. п.

5 – пробегает от 1 до 5 миль (от 1,6 до 8 км) в неделю или от 30 до 60 мин занимается интенсивной физической активностью;

6 – пробегает от 5 до 10 миль (от 8 до 16 км) в неделю или занимается от 1 до 3 часов интенсивными физическими упражнениями;

7 – пробегает более 10 миль (более 16 км) в неделю или занимается более 3 часов в неделю тяжелыми физическими упражнениями.

Прогноз VO_{2max} осуществляют в соответствии со следующей формулой:

$$VO_{2max} \text{ мл}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{мин}^{-1} = (0,133 \times \text{возраст}) - (0,005 \times \text{возраст}^2) + (11,403 \times \text{пол}) + (1,463 \times \text{рейтинг двигательной активности, баллы}) + (9,17 \times \text{длина тела, м}) + (0,254 \times \text{масса тела, кг}) + 34,142,$$

где возраст выражен в годах; пол: 0 – для женщин и 1 – для мужчин; рейтинг двигательной активности оценивается по анкете.

Например, испытуемый мужчина в возрасте 35 лет имеет рейтинг двигательной активности 6, длину тела 1,74 м, а массу тела 69 кг. Тогда расчетные показатели МПК будут:

$$VO_{2max} = (0,133 \times 35) - (0,005 \times 1,225) + (11,403 \times 1) + (1,463 \times 6) + (9,17 \times 1,74) - (0,254 \times 69) + 34,142$$

или $VO_{2max} = 51,3 \text{ мл}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{мин}^{-1}$.

Данная расчетная величина очень близка к той величине МПК, которая определена прямыми методами ($50,0 \text{ мл}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{мин}^{-1}$).

Расчет МПК может определяться также исходя из расчета индекса массы тела (BMI) и процентного компонента жира в теле. Индекс BMI рассчитывается по формуле: $\frac{\text{масса тела, кг}}{\text{длина тела, м}^2}$. С методикой опреде-

ления жировой массы тела можно познакомиться в книге Э. Г. Мартиросова (1982).

Исходя из рейтинга двигательной активности, возраста обследуемого и индекса BMI непрямое определение МПК осуществляется в соответствии с формулами:

Женщины $VO_{2max} = 56,353 + 1,921$ (рейтинг двигательной активности) $- 0,381$ (возраст) $- 0,754$ (BMI).

Мужчины $VO_{2max} = 67,350 + 1,921$ (рейтинг двигательной активности) $- 0,381$ (возраст) $- 0,754$ (BMI).

Для модели, где оценивается жировой компонент массы тела, расчет производится по формулам:

Женщины $VO_{2max} = 50,513 + 1,589$ (рейтинг двигательной активности) $- 0,289$ (возраст) $- 0,552$ (% жира);

Мужчины $VO_{2max} = 56,376 + 1,589$ (рейтинг двигательной активности) $- 0,289$ (возраст) $- 0,552$ (% жира).

Например, учитывая данные мужчины в предыдущем примере, который имеет возраст 35 лет, длину тела 174 см и массу тела 69 кг, показатели двигательной активности 6 у. е., расчетные показатели жирового компонента тела были 16%, а индекс BMI 22,8 кг·м⁻². При учете индекса BMI:

$$VO_{2max} = 67,350 + 1,921(6) - 0,381(35) - 0,754(22,8) = 48,3 \text{ мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}.$$

При учете жирового компонента тела:

$$VO_{2max} = 56,376 + 1,589(6) - 0,289(35) - 0,552(16) = 47 \text{ мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}.$$

Как видим, все значения непрямого определения МПК несколько отличаются от показателей МПК, определенных прямым методом. В первом случае эти показатели превысили на 1,3 мл·кг⁻¹·мин⁻¹, во втором – баллы меньше на 1,7 мл·кг⁻¹·мин⁻¹, а в третьем – также меньше на величину 3,0 мл·кг⁻¹·мин⁻¹. В целом при массовых обследованиях ошибку можно считать допустимой.

Тесты, основанные на оценке функциональной деятельности

Опишем методику непрямого определения МПК по методике Апанасенко и Душанина.

Метод Апанасенко. Рекомендован для непрямого определения МПК у детей младшего школьного возраста [1].

Оборудование. Медицинские весы, кистевой динамометр, рулетка, прыжковая яма, спирометр.

Проведение теста. Мальчикам и девочкам предлагают различные комплексы испытаний. У мальчиков измеряют: массу тела, динамометрию сильнейшей кисти и жизненную емкость легких (ЖЕЛ). У девочек определяют: массу тела, результат прыжка в длину с места и ЖЕЛ.

Результат. Непрямое определение МПК рассчитывается по формулам:

$$\text{для мальчиков МПК} = \frac{X_1}{20} + \frac{X_2}{100} + \frac{X_3}{20} - 1,1$$

где X_1 – масса тела, кг; X_2 – динамометрия сильнейшей кисти, кг; X_3 – ЖЕЛ, в сотых мл;

$$\text{для девушек МПК} = \frac{X_1}{20} + \frac{X_2}{250} + \frac{X_3}{100} - 0,7,$$

где X_1 – масса тела, кг; X_2 – результат прыжка в длину с места, см; X_3 – ЖЕЛ, в сотых мл.

Метод Душанина. Используется для людей различного возраста.

Оборудование. Секундомер, медицинские весы, антропометр.

Проведение теста. Диагностическая система состоит из четырех показателей, которые оцениваются в баллах.

А. Возраст. Каждый год жизни дает 1 балл. Например, в возрасте 10 лет начисляется 10 баллов.

Б. Частота сердечных сокращений в состоянии покоя. За каждое сердечное сокращение ниже 95 уд·мин⁻¹ насчитывается 1 балл. Например, ЧСС – 82 уд·мин⁻¹ соответствует 13 баллам. При частоте пульса более 95 уд·мин⁻¹ баллы не насчитываются.

В. Восстановление пульса. После 5 мин отдыха в положении сидя измеряют ЧСС в течение 1 мин. После этого участнику тестирования предлагают сделать 20 глубоких приседаний за 40 с и вновь сесть. Через 2 мин вновь измерять пульс в течение 10 с и результат умножить на 6. Соответствие исходной величине дают 30 баллов, превышение на 10 уд·мин⁻¹ – 20 баллов, на 15 – 10 баллов, на 20 – 5 баллов, больше 20 – из общей суммы отнимают 10 баллов.

Г. Объем сердца. За каждое увеличение объема сердца, рассчитанного по ниже приведенной формуле, начиная 270 см³, на 10 см³ насчитывается 5 баллов.

$$\text{Объем сердца, см}^3 = 20 \times \sqrt{\frac{\text{масса тела, г}}{\text{длина тела, см}}}$$

Результат. Сумму насчитанных по каждому показателю баллов необходимо использовать в следующей формуле:

$$\text{МПК, мл} = 26x + 532$$

где x – общая сумма насчитанных баллов; 532 – постоянный коэффициент.

Общие указания и замечания.

1. Для определения МПК (в мл·кг⁻¹·мин⁻¹) полученный результат делят на массу тела участника тестирования.

2. Средняя ошибка метода оставляет ±10% в сравнении с прямым методом определения МПК.

Тесты умеренной физической активности
Опишем расчетные (непрямые) методы определения VO_{2max} для нетренированных людей в тестах ходьбы на 1 милю и 2 км. Тест назван Rockport Fitness Walking Test (RPWT).

Оборудование. Беговая дорожка, медицинские весы, секундомер, пульсометр.

Проведение теста. Ходьба на 1 милю (1609 м). Испытуемому предлагают как можно быстрее преодолеть дистанцию длиной 1 милю.

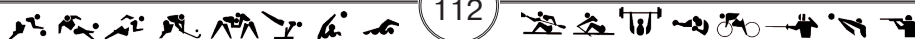
Результат. Оценка времени, затраченного на преодоление дистанции; регистрация массы тела до ходьбы; оценка ЧСС, которая происходит сразу же после ходьбы.

Оценка. Определение VO_{2max} происходит по следующей формуле:

$$VO_{2max} = 132,853 - (0,0769 \times \text{масса тела, кг}) - (0,3877 \times \text{возраст, лет}) + (6,315 \times \text{пол}) - (3,2649 \times \text{время ходьбы, мин}) - (0,1565 \times \text{ЧСС, уд} \cdot \text{мин}^{-1}),$$

где пол выражается цифрой 0 для женщин и 1 – для мужчин.

Пример. Используем данные предыдущего примера: обследованный мужчина в возрасте 35 лет, имеет массу тела 69 кг, прошел дистанцию 1 миля за



12 мин 4 с или 12,06 мин; после прохождения дистанции ЧСС было 185 уд.·мин⁻¹. Прогнозируемые показатели VO_{2max} оказались:

$$VO_{2max} = 132,853 - (0,0769 \times 69) - (0,3877 \times 35) + (6,315 \times 1) - (3,2649 \times 12,06) - (0,1565 \times 185) = 132,853 - 5,3061 - 13,57 + 6,315 - 39,39 - 28,95 = 51,5 \text{ мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}.$$

Сравнивая данные показатели с прямым определением МПК (50 мл·кг⁻¹·мин⁻¹), отметим незначительную ошибку прогнозируемого результата.

Ходьба на 2 км. В данном варианте теста предлагается выполнить несколько более значительную нагрузку. Методика проведения и результат выполнения теста аналогичный первому варианту теста. Однако оценка прогнозируемого VO_{2max} для мужчин и женщин осуществляется по различным формулам. К тому же вместо показателя массы тела используют индекс массы тела (ВМІ). Расчетной формулой для мужчин является:

$$VO_{2max}, \text{ мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1} = 184,0 - 4,65 (\text{время ходьбы, мин, с}) - 0,22 (\text{ЧСС, уд.} \cdot \text{мин}^{-1}) - 0,26 (\text{возраст, лет}) - 1,05 (\text{индекс ВМІ}).$$

Расчетной формулой для женщин является:

$$VO_{2max}, \text{ мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1} = 116,2 - 2,98 (\text{время ходьбы, мин, с}) - 0,11 (\text{ЧСС, уд.} \cdot \text{мин}^{-1}) - 0,14 (\text{возраст, лет}) - 0,39 (\text{индекс ВМІ}).$$

Пример. Тот же мужчина в возрасте 35 лет преодолел дистанцию 2 км за 15 мин 23 с (или 15,38 мин). Индекс массы тела у него был 22,8 кг·м⁻², а ЧСС после нагрузки 148 уд.·мин⁻¹. Расчетные показатели МПК были:

$$VO_{2max}, \text{ мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1} = 184,0 - 4,65 (15,38) - 0,22 (148) - 0,26 (35) - 1,05 (22,8) = 46,9$$

Ошибка прогнозируемого результата здесь несколько больше (3,1 мл·кг⁻¹·мин⁻¹) по сравнению с

прогнозируемым результатом, найденным в первом варианте теста. Однако расчетные варианты МПК чутко реагируют на тренируемость человека и могут быть информативными в мониторинге физического состояния человека.

Беговые тесты.

Возможно для непрямого определения МПК использовать три варианта беговых тестов:

- бег на дистанции от 600 до 3000 м с фиксацией времени бега;
- бег за время 12 мин с оценкой длины пробегаемой дистанции;
- бег со ступенчато возрастающей интенсивностью, где оценивается интенсивность (скорость) бега.

Бег на дистанции от 600 до 3000 м. В беговых тестах на различные дистанции предлагается оценивать МПК по времени преодоления установленной соответственно возрасту дистанции.

Оборудование. Легкоатлетическая дорожка, секундомер, стартовый пистолет или флажок.

Проведение теста. Детям в возрасте 6–17 и старше лет предлагается как можно быстрее пробежать установленную дистанцию.

Результат. Определение времени быстроты пробегаания соответствующей дистанции с точностью до 1 с.

Общие указания и замечания.

1. Перед тестированием проводят разминку в течение 15–20 мин.
2. По дистанции стараться бежать в равномерном темпе.

Прогнозируемые величины МПК в зависимости от результатов в беге на различные дистанции приведены в табл. 1 [9].

Тест Купера. Популярным в фитнесе является

Таблица 1

Прогнозируемые величины МПК по результатам в беге на 600, 1000, 1500, 2000 и 3000 м

600 м, мин, с	МПК, мл·кг ⁻¹ ·мин ⁻¹	600 м, мин, с	МПК, мл·кг ⁻¹ ·мин ⁻¹	600 м, мин, с	МПК, мл·кг ⁻¹ ·мин ⁻¹
Дети 6–7 лет					
1,42	60	2,02–2,04	50	2,33–2,35	40
1,43	59	2,05–2,06	49	2,36–2,40	39
1,44–1,45	58	2,07–2,09	48	2,41–2,44	38
1,46–1,47	57	2,10–2,12	47	2,45–2,48	37
1,48–1,50	56	2,13–2,15	46	2,49–2,53	36
1,51–1,53	55	2,16–2,18	45	2,54–3,00	35
1,54–1,55	54	2,19–2,21	44	3,01–3,07	34
1,56–1,57	53	2,22–2,24	43	3,08–3,13	33
1,58–1,59	52	2,25–2,28	42	3,14–3,19	32
2,00–2,01	51	2,29–2,32	41	3,20–3,27	31
Дети и подростки 8–11 лет					
3,06–3,09	60	3,48–3,53	50	4,52–4,59	40
3,10–3,12	59	3,54–3,58	49	5,00–5,08	39
3,13–3,16	58	3,59–4,03	48	5,09–5,18	38
3,17–3,19	57	4,04–4,09	47	5,19–5,28	37
3,20–3,23	56	4,10–4,15	46	5,29–5,38	36
3,24–3,28	55	4,16–4,21	45	5,39–5,50	35
3,29–3,32	54	4,22–4,29	44	5,51–6,02	34

продолжение табл. 1

600 м, мин, с	МПК, мл·кг ⁻¹ ·мин ⁻¹	600 м, мин, с	МПК, мл·кг ⁻¹ ·мин ⁻¹	600 м, мин, с	МПК, мл·кг ⁻¹ ·мин ⁻¹
3,33–3,36	53	4,30–4,35	43	6,03–6,14	33
3,37–3,41	52	4,36–4,43	42	6,15–6,26	32
3,42–3,47	51	4,44–4,51	41	6,27–6,38	31
1500 м, мин, с	МПК, мл·кг ⁻¹ ·мин ⁻¹	1500 м, мин, с	МПК, мл·кг ⁻¹ ·мин ⁻¹	1500 м, мин, с	МПК, мл·кг ⁻¹ ·мин ⁻¹
Подростки 12–15 лет					
5,03–5,09	60	6,16–6,21	50	8,13–8,29	40
5,10–5,15	59	6,22–6,30	49	8,30–8,47	39
5,16–5,22	58	6,31–6,40	48	8,48–9,05	38
5,23–5,28	57	6,41–6,50	47	9,06–9,26	37
5,29–5,36	56	6,51–7,01	46	9,27–9,45	36
5,37–5,43	55	7,02–7,13	45	9,46–10,05	35
5,44–5,51	54	7,14–7,27	44	10,06–10,25	34
5,52–6,00	53	7,28–7,42	43	10,26–10,47	33
6,01–6,08	52	7,43–7,57	42	10,48–11,14	32
6,09–6,15	51	7,58–8,12	41	11,15–11,45	31
1500 м, мин, с	МПК, мл·кг ⁻¹ ·мин ⁻¹	1500 м, мин, с	МПК, мл·кг ⁻¹ ·мин ⁻¹	1500 м, мин, с	МПК, мл·кг ⁻¹ ·мин ⁻¹
Девушки 16–17 лет и старше					
6,56–7,05	60	8,40–8,51	50	11,26–11,45	40
7,06–7,15	59	8,52–9,03	49	11,46–12,07	39
7,16–7,25	58	9,04–9,19	48	12,08–12,37	38
7,26–7,35	57	9,20–9,35	47	12,38–13,08	37
7,36–7,45	56	9,36–9,50	46	13,09–13,50	36
7,46–7,55	55	9,51–10,07	45	13,51–14,30	35
7,56–8,05	54	10,08–10,25	44	14,31–15,10	34
8,06–8,15	53	10,26–10,45	43	15,11–15,50	33
8,16–8,25	52	10,46–11,05	42	15,51–16,30	32
8,26–8,39	51	11,06–11,25	41	16,31–17,70	31
3000 м, мин, с	МПК, мл·кг ⁻¹ ·мин ⁻¹	3000 м, мин, с	МПК, мл·кг ⁻¹ ·мин ⁻¹	3000 м, мин, с	МПК, мл·кг ⁻¹ ·мин ⁻¹
Юноши 16–17 лет и старше					
11,03–11,17	60	14,01–14,22	50	18,26–19,05	40
11,18–11,32	59	14,23–14,47	49	19,06–19,55	39
11,33–11,47	58	14,48–15,12	48	19,56–20,45	38
11,48–12,12	57	15,13–15,37	47	20,46–21,35	37
12,13–12,20	56	15,38–16,02	46	21,36–22,30	36
12,21–12,40	55	16,03–16,27	45	22,31–23,30	35
12,41–13,00	54	16,28–16,52	44	23,31–24,30	34
13,01–13,20	53	16,53–17,25	43	24,31–25,30	33
13,21–13,40	52	17,26–17,55	42	25,31–26,30	32
13,41–14,00	51	17,56–18,25	41	26,31–27,30	31

тест Купера, в котором оценивается кардиореспираторная выносливость при комбинированном передвижении бегом и ходьбой в течение 12 мин. Современная интерпретация выполнения теста описана J. Hoffman [13] и Л. П. Сергиенко [8].

Оборудование. Беговая дорожка, секундомер.

Проведение теста. После старта участники тестирования пытаются в течение 12 мин преодолеть как можно большую дистанцию.

Результат. Регистрация расстояния (с точностью до 1 м), которую пробегает тестируемый за 12 мин.

Общие указания и замечания.

1. Тест выполняется на стандартной измеренной дорожке.

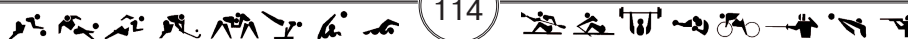
2. Во время выполнения теста можно временно переходить на ходьбу или останавливаться на отдых.

3. При наличии неприятных ощущений у тестируемого выполнение теста прекращается.

Оценка. По показателям данного теста можно непрямым способом рассчитать значения МПК. Для этого используется следующая формула:

$$VO_{2\max} = 0,0268 (\text{преодоленная дистанция}) - 11,3,$$

где $VO_{2\max}$ выражается в мл·кг⁻¹·мин⁻¹, а преодоленная дистанция – в милях.



Таблиця 2

Соответствие максимального потребления кислорода результатам 12-минутного бега

Бег 12 мин, м	МПК, мл·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹	Бег 12 мин, м	МПК, мл·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹	Бег 12 мин, м	МПК, мл·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹	Бег 12 мин, м	МПК, мл·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹
900	18,0	1700	31,6	2500	45,1	3300	58,9
950	18,9	1750	32,4	2550	46,0	3350	59,7
1000	19,7	1800	33,3	2600	46,9	3400	60,6
1050	20,6	1850	34,1	2650	47,8	3450	61,4
1100	21,4	1900	35,0	2700	48,6	3500	62,3
1150	22,3	1950	35,8	2750	49,5	3550	63,1
1200	23,1	2000	36,7	2800	50,4	3600	64,0
1250	24,0	2050	37,5	2850	51,2	3650	64,8
1300	24,8	2100	38,4	2900	52,1	3700	65,7
1350	25,7	2150	39,3	2950	52,9	3750	66,5
1400	26,5	2200	40,1	3000	53,8	3800	67,4
1450	27,4	2250	41,0	3050	54,6	3850	68,2
1500	28,2	2300	41,7	3100	55,5	3900	69,1
1550	29,0	2350	42,5	3150	56,3	3950	69,9
1600	29,9	2400	43,4	3200	57,2	4000	70,8
1650	30,7	2450	44,3	3250	58,0	4050	71,6

Таблиця 3

Протокол проведения длительного бега с возрастающей интенсивностью по методике Легер

Метаболический уровень	МПК, мл·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹	Скорость бега, мин	Скорость бега		Время, потраченное на преодоление каждого 50-метрового отрезка, с
			км·ч ⁻¹	м·с ⁻¹	
5	17,5	2	6,0	1,67	30,000
7	24,5	4	7,10	1,97	25,350
9	31,5	6	7,16	1,99	25,140
10	35,0	8	8,48	2,36	12,226
11	38,5	10	9,76	2,71	18,442
12	42,0	12	11,0	3,06	16,364
13	45,5	14	12,21	3,39	14,742
14	49,0	16	13,39	3,72	13,443
15	52,5	18	14,54	4,04	12,380
16	56,0	20	15,66	4,35	11,494
17	59,5	22	16,76	4,65	10,746
18	63,0	24	17,83	4,95	10,095
19	66,5	26	18,88	5,24	9,534
20	70,0	28	19,91	5,53	9,041
21	73,5	30	20,91	5,81	8,608
22	77,0	32	21,91	6,09	8,215
23	80,5	34	22,88	6,36	7,853

Ориентировочное соответствие МПК результатам 12-минутного бега приведено в табл. 2.

Прогрессирующий длительный бег по методике Легер. Физиологической основой теста является прямая зависимость между скоростью бега и максимальным потреблением кислорода.

Оборудование. Легкоатлетическая 400-метровая беговая дорожка, размеченная через каждые 50 м, секундомер, стартовый пистолет (или флажок).

Проведение теста. Бег проводится с регламентированной скоростью, которая через каждые 2 мин

постепенно увеличивается. Тест начинается с быстрой ходьбы, которая переходит в бег. Быстрота общается по диктофону через каждые 30 с. Темп изменения быстроты во время проведения теста представлено в табл. 3. Тест считается законченным, когда испытуемый не способен поддерживать заданную скорость в течение 2 мин.

Результат. Регистрация быстроты, которая предшествовала той, которая стала непосильной.

Общие указания и замечания.

При наличии помощников в тестировании может

участвовать несколько испытуемых.

Оценка. Показатели непрямого определения VO_{2max} соответствующие различным значениям скорости бега приведены в табл. 4. Для юношей, как считает Т. Ю. Круцевич [4], следует вводить поправочный коэффициент 1,1.

По данным L. Leger, R. Boucher [17], косвенное определение МПК по методике Легер, является надежным.

Степ-тесты и велоэргометрические тесты

Опишем методику непрямого определения МПК в двух вариантах степ-теста: Astrand-Rhyming (оценка осуществляется по номограмме) и Добельна (VO_{2max}

Таблица 4

Непрямое определение МПК для мужчин в возрасте 18–34 лет и юношей в возрасте 13–17 лет по методике Легер

Скорость бега, м·с ⁻¹	МПК, мл·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹		Метаболический уровень	Скорость бега, м·с ⁻¹	МПК, мл·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹		Метаболический уровень
	Мужчины	Юноши			Мужчины	Юноши	
1,99	31,5	34,65	9	2,36	35,0	38,50	10
2,00	31,6	34,76		2,37	35,1	38,61	
2,01	31,7	34,87		2,38	35,2	38,72	
2,02	31,8	34,98		2,39	35,3	38,83	
2,03	31,8	34,98		2,40	35,4	38,94	
2,04	31,9	35,09		2,41	35,5	39,05	
2,05	32,0	35,20		2,42	35,6	39,16	
2,06	32,1	35,31		2,43	35,7	39,27	
2,07	32,2	35,42		2,44	35,8	39,38	
2,08	32,3	35,53		2,45	35,9	39,49	
2,09	32,4	35,64		2,46	36,0	39,60	
2,10	32,5	35,75		2,47	36,1	39,71	
2,11	32,6	35,86		2,48	36,2	39,82	
2,12	32,7	35,97		2,49	36,3	39,93	
2,13	32,8	36,08		2,50	36,4	40,04	
2,14	32,8	36,08		2,51	36,5	40,15	
2,15	32,9	36,19		2,52	36,6	40,26	
2,16	33,0	36,30		2,53	36,7	40,37	
2,17	33,1	36,41		2,54	36,8	40,48	
2,18	33,2	36,52		2,55	36,9	40,59	
2,19	33,3	36,63		2,56	37,0	40,70	
2,20	33,4	36,74		2,57	37,1	40,81	
2,21	33,5	36,85		2,58	37,2	40,92	
2,22	33,6	36,96		2,59	37,3	41,03	
2,23	33,7	37,07		2,60	37,4	41,14	
2,24	33,8	37,18		2,61	37,5	41,25	
2,25	33,9	37,29		2,62	37,6	41,36	
2,26	34,0	37,40	2,63	37,7	41,47		
2,27	34,1	37,51	2,64	37,8	41,58		
2,28	34,2	37,62	2,65	37,9	41,69		
2,29	34,3	37,73	2,66	38,0	41,80		
2,30	34,4	37,84	2,67	38,1	41,91		
2,31	34,5	37,95	2,68	38,2	42,02		
2,32	34,6	38,06	2,69	38,3	42,13		
2,33	34,7	38,17	2,70	38,4	42,24		
2,34	34,8	38,28					
2,35	34,9	38,39					
2,71	38,5	42,35	11	3,06	42,0	46,20	12
2,72	38,6	42,46		3,07	42,1	46,31	
2,73	38,7	42,57		3,08	42,2	46,42	
2,74	38,8	42,68		3,09	42,3	46,53	
2,75	38,9	42,79		3,10	42,4	46,64	
2,76	39,0	42,90		3,11	42,5	46,75	
2,77	39,1	43,01		3,12	42,6	46,86	

продолжение табл. 4

Скорость бега, м·с ⁻¹	МПК, мл·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹		Метаболический уровень	Скорость бега, м·с ⁻¹	МПК, мл·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹		Метаболический уровень
	Мужчины	Юноши			Мужчины	Юноши	
2,78	39,2	43,12		3,13	42,7	46,97	
2,79	39,3	43,23		3,14	42,8	47,08	
2,80	39,4	43,34		3,15	42,9	47,19	
2,81	39,5	43,45		3,16	43,0	47,30	
2,82	39,6	43,56		3,17	43,1	47,41	
2,83	39,7	43,67		3,18	43,2	47,52	
2,84	39,8	43,78		3,19	43,4	47,63	
2,85	39,9	43,89		3,20	43,5	47,74	
2,86	40,0	44,00		3,21	43,6	47,85	
2,87	40,1	44,11		3,22	43,7	47,96	
2,88	40,2	44,22		3,23	43,8	48,07	
2,89	40,3	44,33		3,24	43,9	48,18	
2,90	40,4	44,44		3,25	44,0	48,29	
2,91	40,5	44,55		3,26	44,1	48,40	
2,92	40,6	44,66		3,27	44,2	48,51	
2,93	40,7	44,77		3,28	44,3	48,62	
2,94	40,8	44,88		3,29	44,4	48,73	
2,95	40,9	44,99		3,30	44,5	48,84	
2,96	41,0	45,10		3,31	44,6	48,95	
2,97	41,1	45,21		3,32	44,7	49,06	
2,98	41,2	45,32		3,33	44,8	49,28	
2,99	41,3	45,43		3,34	44,9	49,39	
3,00	41,4	45,54		3,35	45,0	49,50	
3,01	41,5	45,65		3,36	45,1	49,61	
3,02	41,6	45,76		3,37	45,2	49,72	
3,03	41,7	45,87		3,38	45,4	49,94	
3,04	41,8	45,98					
3,05	41,9	46,09					
3,39	45,5	50,05	13	3,72	49,0	53,90	14
3,40	45,6	50,16		3,73	49,1	54,01	
3,41	45,7	50,27		3,74	49,2	54,12	
3,42	45,8	50,38		3,75	49,3	54,23	
3,43	45,9	50,49		3,76	49,4	54,34	
3,44	46,0	50,60		3,77	49,5	54,45	
3,45	46,1	50,71		3,78	49,6	54,56	
3,46	46,2	50,82		3,79	49,7	54,67	
3,47	46,3	50,93		3,80	49,8	54,78	
3,48	46,4	51,04		3,81	50,0	55,00	
3,49	46,5	51,15		3,82	50,1	55,11	
3,50	46,6	51,26		3,83	50,2	55,22	
3,51	46,7	51,37		3,84	50,3	55,33	
3,52	46,8	51,48		3,85	50,4	55,44	
3,53	46,9	51,59		3,86	50,5	55,55	
3,54	47,0	51,70		3,87	50,6	55,66	
3,55	47,1	51,81		3,88	50,7	55,77	
3,56	47,3	52,03		3,89	50,8	55,88	
3,57	47,4	52,14		3,90	51,0	56,10	
3,58	47,5	52,25		3,91	51,1	56,21	
3,59	47,6	52,36		3,92	51,2	56,32	
3,60	47,7	52,47		3,93	51,3	56,43	
3,61	47,8	52,58		3,94	51,4	56,54	

СЕРПІЕНКО Л. П. Непрямиме методи определения максимального потребления кислорода (обзор)

продолжение табл. 4

Скорость бега, м·с ⁻¹	МПК, мл·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹		Метаболический уровень	Скорость бега, м·с ⁻¹	МПК, мл·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹		Метаболический уровень
	Мужчины	Юноши			Мужчины	Юноши	
3,62	47,9	52,69		3,95	51,6	56,76	
3,63	48,0	52,80		3,96	51,7	56,87	
3,64	48,1	52,91		3,97	51,8	56,98	
3,65	48,3	53,13		3,98	51,9	57,09	
3,66	48,4	53,24		3,99	52,0	57,20	
3,67	48,5	53,35		4,00	52,1	57,31	
3,68	48,6	53,46		4,01	52,2	57,42	
3,69	48,7	53,57		4,02	52,3	57,53	
3,70	48,8	53,68		4,03	52,4	57,64	
3,71	48,9	53,79					
4,04	52,5	57,75	15	4,35	55,9	61,60	16
4,05	52,6	57,86		4,36	56,0	61,71	
4,06	52,7	57,97		4,37	56,1	61,93	
4,07	52,9	58,19		4,38	56,3	62,04	
4,08	53,0	58,30		4,39	56,4	62,15	
4,09	53,1	58,41		4,40	56,5	62,26	
4,10	53,2	58,52		4,41	56,6	62,37	
4,11	53,3	58,63		4,42	56,7	62,59	
4,12	53,4	58,74		4,43	56,9	62,70	
4,13	53,5	58,85		4,44	57,0	62,81	
4,14	53,7	59,07		4,45	57,2	62,92	
4,15	53,8	59,18		4,46	57,3	63,03	
4,16	53,9	59,29		4,47	57,5	63,25	
4,17	54,0	59,40		4,48	57,6	63,36	
4,18	54,1	59,51		4,49	57,7	63,47	
4,19	54,2	59,62		4,50	57,9	63,69	
4,20	54,3	59,73		4,51	58,0	63,80	
4,21	54,4	59,84		4,52	58,1	63,91	
4,22	54,5	60,06		4,53	58,2	64,02	
4,23	54,6	60,17		4,54	58,3	64,13	
4,24	54,7	60,28		4,55	58,4	64,24	
4,25	54,8	60,39		4,56	58,5	64,35	
4,26	54,9	60,50		4,57	58,6	64,46	
4,27	55,0	60,61		4,58	58,7	64,57	
4,28	55,1	60,72		4,59	58,8	64,79	
4,29	55,2	60,83		4,60	59,0	64,90	
4,30	55,3	61,05		4,61	59,1	65,01	
4,31	55,5	61,16		4,62	59,2	65,12	
4,32	55,6	61,27		4,63	59,3	65,23	
4,33	55,7	61,38		4,64	59,4	65,34	
4,34	55,8	61,49					
4,65	59,5	65,45	17	4,81	61,4	67,54	17
4,66	59,6	65,56		4,82	61,6	67,76	
4,67	59,8	65,78		4,83	61,7	67,87	
4,68	59,9	65,89		4,84	61,8	67,98	
4,69	60,0	66,00		4,85	61,9	68,09	
4,70	60,1	66,11		4,86	62,0	68,20	
4,71	60,3	66,33		4,87	62,2	68,42	
4,72	60,4	66,44		4,88	62,3	68,53	
4,73	60,5	66,55		4,89	62,4	68,64	
4,74	60,6	66,66		4,90	62,5	68,75	

продолжение табл. 4

Скорость бега, м·с ⁻¹	МПК, мл·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹		Метаболический уровень	Скорость бега, м·с ⁻¹	МПК, мл·мин ⁻¹ ·кг ⁻¹		Метаболический уровень
	Мужчины	Юноши			Мужчины	Юноши	
4,75	60,8	66,88		4,91	62,6	68,86	
4,76	60,9	66,99		4,92	62,7	68,97	
4,77	61,0	67,10		4,93	62,8	69,08	
4,78	61,1	67,21		4,94	62,9	69,19	
4,79	61,2	67,32		4,95	63,0	69,30	
4,80	61,3	67,43					

оценивается по расчетной формуле).

Метод Astrand-Rhyming. *Оборудование.* Ступенька: высота для мужчин 40 см, женщин – 33 см; метроном; секундомер; медицинские весы; электрокардиограф.

Проведение теста [3]. Участнику тестирования предлагают выполнить степ-тест в течение 5 мин. Темп восхождения – 22,5 цикла за минуту. Для того чтобы каждый удар метронома соответствовал одному шагу его устанавливают на показатель 90 уд·мин⁻¹. В конце пятой минуты нагрузки регистрируются ЧСС электрокардиографом. При отсутствии электрокардиографа, пульс подсчитывают пальпаторно в течение 10 с восстановления после физической нагрузки. До или после нагрузки определяется масса тела тестируемого с точностью до 1 кг.

Результат. Оценка ЧСС за одну минуту после выполнения регламентированной нагрузки.

ответствующую точку на шкале ПК. Потом на шкале, которая находится в левой части рисунка, находят зарегистрированную при нагрузке ЧСС. Две точки соединяют прямой, а на месте пересечения ее со средней линией получают искомое значение МПК.

Метод Добелна. В степ-тесте Добелна не прямое определение МПК проводится расчетным методом.

Оборудование. Ступенька высотой 25–40 см; метроном; секундомер; медицинские весы.

Проведение теста. Участнику тестирования предлагают выполнить степ-тест в течение 5 мин. Темп восхождения произвольный (определяется в зависимости от пола и возраста). После нагрузки в течение первых 10 с восстановления определяется ЧСС.

Результат. Определение ЧСС после степ-нагрузки, уд·мин⁻¹.

Оценка. МПК определяется в соответствии с формулой Добелна:

$$МПК, \text{мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1} = 1,29 \cdot \sqrt{\frac{N}{f-60}} \cdot e^{-0,000884 \cdot T},$$

где N – мощность нагрузки, Вт·мин⁻¹; f – ЧСС в течение первых 10 с восстановления, e – основа натурального логарифма; T – возраст участника тестирования, в годах.

Мощность нагрузки при восхождении на ступеньку определяется по формуле:

$$N = 1,3 \cdot P \cdot h \cdot n,$$

где P – масса тела участника тестирования, кг; h – высота ступеньки, м; n – количество циклов восхождения за 1 мин.

Тест Астранда (велозергметрия). Непрямой метод определения МПК, предложенный Астрандом, предполагает выполнение субмаксимальной нагрузки на велозергметре [13]. Тест относительно простой и не требует сложной аппаратуры. Он основан на линейной зависимости в нормальных условиях потребления кислорода и ЧСС.

Оборудование. Велозергметр; секундомер; медицинские весы.

Проведение теста. Предварительно проводятся ориентировочные расчеты возможной максимальной ЧСС ($f_{h\max}$) для испытуемого. Для этого можно использовать следующие формулы [2]:

$$f_{h\max} (\text{мин}) = 210 - 0,8 \cdot \text{возраст (годы)};$$

$$f_{h\max} (\text{мин}) = 220 - \text{возраст (годы)}.$$

Точность расчетного математического пульса равна 10 уд·мин⁻¹. Потом определяют пульс 70% от максимума за время 15 с. Например:

Для мальчика 15 лет $f_{h\max} = 220 - 15 = 205$ уд·мин⁻¹ × 70% ЧСС = 205 × 0,7 = 143,7 уд·мин⁻¹. А в течение 15 с субмаксимальная нагрузка мощностью 70% от максимального ЧСС равняется 143,5 уд·мин⁻¹:4=36 уд·мин⁻¹.

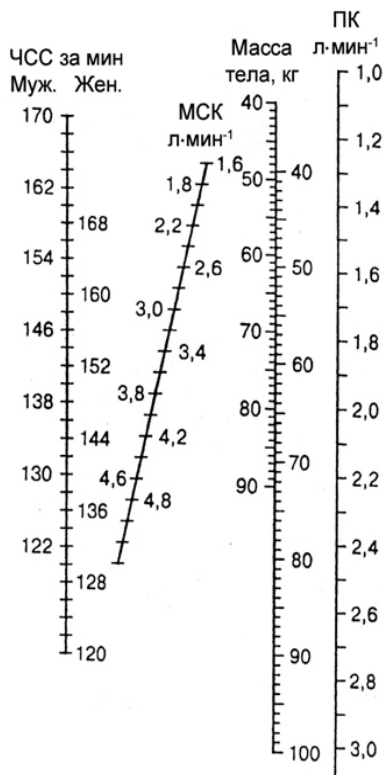


Рис. 4. Номограмма непрямого определения МПК в степ-тесте Astrand-Phyuming

Оценка. Расчет МПК (в л·мин⁻¹) по номограмме представленной на рис. 4. Пользуются номограммой так. Сначала по горизонтали на уровне показателя массы тела участника тестирования определяют со-

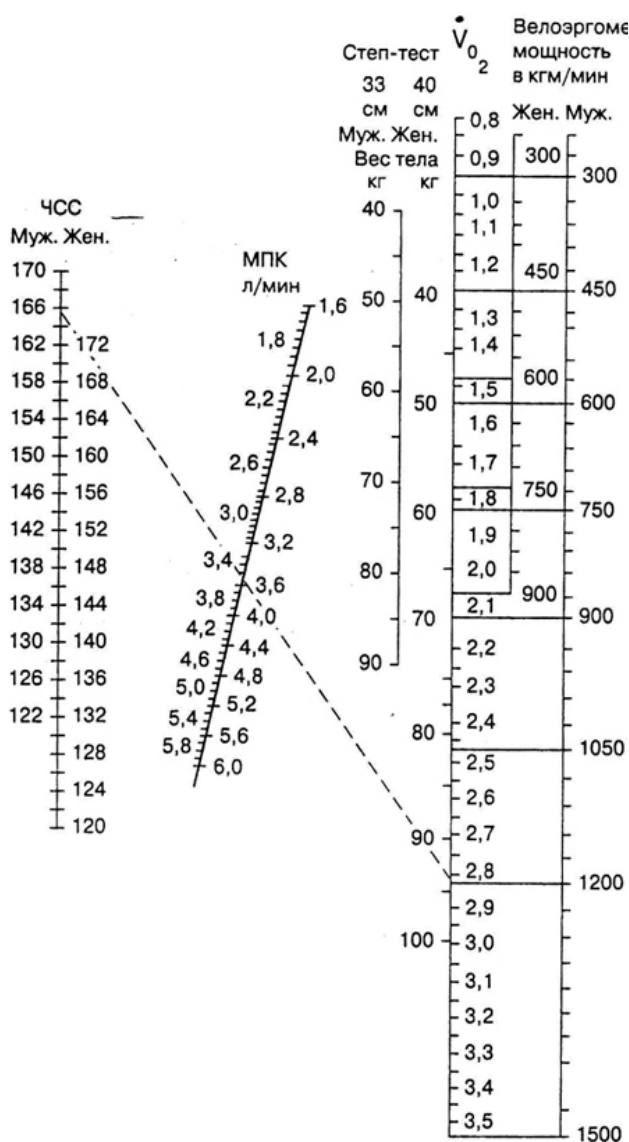


Рис. 5. Номограмма И. Астранда для непрямого определения МПК по ЧСС при дозированной субмаксимальной нагрузке у мужчин и женщин

До основной работы испытуемый разминается в течение 4–6 мин при незначительной мощности нагрузки. Обычная скорость педалирования – 50–60 об·мин⁻¹.

Исходная велозергметрическая нагрузка и последующие «ступени» выбираются в зависимости от пола, возраста, физической подготовленности испытуемого. Ориентировочно могут быть рекомендованы следующие нормы: для мужчин 300, 600, 900, 1200, 1500 кгм·мин⁻¹, а для женщин – 300, 450, 600, 750, 900 кгм·мин⁻¹. Продолжительность одной ступени от 3 до 5 мин. В этот период наступает устойчивая реакция пульса на соответствующую физическую нагрузку. Пульс рекомендуется подсчитывать ежеминутно, начиная со второй минуты за последние 15 с каждой ступени мощности. Если увеличение ЧСС не превышает 5 уд·мин⁻¹ (1 уд·мин⁻¹ за 15 с), можно считать, что наступило устойчивое состояние. В противном случае работу следует еще продолжать. Как только

будет достигнута расчетная примерная устойчивая величина ЧСС, работа прекращается.

Результат. Определение мощности субмаксимальной работы и соответствующей ЧСС (в уд·мин⁻¹).

Общие указания и замечания.

1. Седло и руль велозергомметра устанавливают на высоте, соответствующей длине тела испытуемого. Седло регулируют так, чтобы нога при нижнем положении педали была почти выпрямленной в коленном суставе.

2. Не разрешается вставать на педали, как это иногда делают велогонщики для резкого увеличения скорости.

3. Испытуемым предлагается всего одна попытка.

4. После завершения теста необходимо 2–3 мин вращать педали велозергомметра в спокойном темпе.

Оценка. Определение МПК производится по номограмме И. Астранда (рис. 5). Например, спортсмен в возрасте 21 года выполнил нагрузку мощностью 1200 кгм·мин⁻¹. ЧСС при этом была 166 уд·мин⁻¹. Масса тела испытуемого 80 кг. Шкала велозергомметрической мощности соединяется горизонтальной прямой шкалой $\dot{V}O_2$. А от нее проводится пунктирная линия на шкалу ЧСС. Пересечение этой линии со шкалой, характеризующей потребление O_2 , показывает нам величину, которая в данном случае равна 3,6 л·мин⁻¹.

Данную неоткорректированную величину МПК умножают на поправочный коэффициент (табл. 5). В нашем примере:

$$3,6 \text{ л} \cdot \text{мин}^{-1} \times 1,02 = 3,67 \text{ л} \cdot \text{мин}^{-1}.$$

После этого рассчитывают МПК в мл·кг⁻¹·мин⁻¹:

$$\frac{3,67 \text{ л} \cdot \text{мин}^{-1} \times 1000 \text{ мл} \cdot \text{л}^{-1}}{80 \text{ кг}} = 45,8 \text{ мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}.$$

Таблица 5

Поправочные коэффициенты для расчетного МПК в велозергомметрическом тесте

Возраст, лет	Коэффициент
15	1,04
20	1,02
25	1,00
30	0,97
35	0,95

Выводы:

1. В статье впервые сделана классификация непрямых методов определения МПК.

2. Описана физиологическая основа использования непрямых методов определения МПК.

3. Рассмотрены методологические особенности использования непрямых методов определения МПК у людей, занимающихся физическим воспитанием и фитнесом.

Перспективы дальнейших исследований.

Определение новых технологий не прямой оценки максимального потребления кислорода. Изучение надежности расчетных методов определения МПК у людей различного пола, возраста и физической подготовленности.

Список используемой литературы:

1. Апанасенко Г. Л. Физическое развитие детей и подростков / Г. Л. Апанасенко. – К. : Здоров'я, 1985. – 80 с.
2. Аулик И. В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте / И. В. Аулик. – М. : Медицина, 1990. – 192 с.
3. Карпман В. Л. Тестирование в спортивной медицине / В. Л. Карпман, З. Б. Белоцерковский, И. А. Гудков. – М. : Физкультура и спорт, 1988. – 208 с.
4. Круцевич Т. Ю. Методы исследования индивидуального здоровья детей и подростков в процессе физического воспитания / Т. Ю. Круцевич. – К. : Олимпийская литература, 1999. – 232 с.
5. Мартиросов Э. Г. Методы исследования в спортивной антропологии / Э. Г. Мартиросов. – М. : Физкультура и спорт, 1982. – 199 с.
6. Основы персональной тренировки / Под ред. П. В. Эрла, Т. Р. Бехля. – К. : Олимп. лит., 2012. – 724 с.
7. Сергиенко Л. П. Тестування рухових здібностей школярів : Навчальний посібник / Л. П. Сергиенко. – К. : Олімпійська література, 2001. – 439 с.
8. Сергиенко Л. П. Спортивна метрологія: теорія і практичні аспекти : Підручник / Л. П. Сергиенко. – К. : КНТ, 2010. – 776 с.
9. Сергиенко Л. П. Спортивный отбор: теория и практика : Монография / Л. П. Сергиенко. – М. : Советский спорт, 2013. – 1048 с.
10. Billat V. Indirect Methods for Estimation of Aerobic Power / V. Billat, P. Lopes // *Physiological Assessment of Human Fitness*. – P. J. Maud, C. Foster (Ed.). – Champaign, IL. : Human Kinetics, 2006. – P. 19–37.
11. Dolgener F. A. Validation of the Rockport Fitness Walking Test in college males and females / F. A. Dolgener, L. D. Hensley, J. J. Marsh, J. K. Fjelstul // *Research Quarterly for Exercise and Sport*. – 1994. – Vol. 65. – P. 152–158.
12. George J. D. Tests y prybas fisicas – J. D. George, A. G. Fisher, P. R. Vehrs. – Barcelona : Paidotribo, 1996. – 315 p.
13. Hoffman J. Horms for Fitness, Performance, and Health / J. Hoffman. – Champaign, IL. : Human Kinetics, 2006. – 220 p.
14. Jackson A. S. Prediction of functional aerobic capacity without exercise testing / A. S. Jackson, S. N. Blair, M. T. Mahar, L. T. Wier, R. M. Ross, J. E. Stuteville // *Medicine and Science in Sports and Exercise*. – 1990. – Vol. 22. – P. 863–870.
15. Jeannotat Y. Du teste de Cooper a la VO_{2max} / Y. Jeannotat // *Jeun. E. sport*. – 1980. – N 5. – P. 106–109.
16. Kukkonen-Harjula K. Effects of walking training on health-related fitness in healthy middle-aged adults – a randomized controlled study / K. Kukkonen-Harjula, R. Haukkanen, L. Yuori, P. Oja et al. // *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. – 1998. – Vol. 8. – P. 236–242.
17. Leger L. An indirect continuous running multistage field test: The Universite de Montreal track test / L. Leger, R. Boucher // *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*. – 1980. – Vol. 5. – P. 77–84.
18. Leger L. Gross energy cost of horizontal treadmill and track running / L. Leger, D. Mercier // *Sports Medicine*. – 1984. – N 1. – P. 270–277.
19. Matthews C. E. Classification of cardiorespiratory fitness without exercise testing / C. E. Matthews, D. P. Heil, P. S. Freedson, H. Pastides // *Medicine and Science in Sports and Exercise*. – 1999. – Vol. 31. – P. 486–493.
20. Morrow J. R. Measurement and Evaluation in Human Performance / J. R. Morrow, A. W. Jackson, J. G. Disch, D. P. Mood. – Champaign, IL. : Human Kinetics, 2000. – 381 p.

Стаття надійшла до редакції: 25.12.2014 р.

Опубліковано: 28.02.2015 р.

Анотація. Сергиенко Л. П. Непрямі методи визначення максимального споживання кисню (огляд). **Мета:** описати методологію використання непрямих методів оцінки максимального споживання кисню. **Матеріал і методи:** у роботі були використані методи теоретичного аналізу і узагальнення, бібліографічний метод пошуку і використання наукової інформації; системний аналіз. **Результати:** у класифікації непрямих методів визначення VO_{2max} виділено п'ять груп: метод анкетного опитування, тести засновані на оцінці функціональної діяльності, тести помірної фізичної активності, бігові тести (складаються із трьох груп варіативних тестів), тести, які потребують механічних прикладів (степ тести та велоергометричні тести). **Висновки:** розглянуто методологічні особливості використання непрямих методів максимального споживання кисню.

Ключові слова: максимальне споживання кисню, тести, класифікація методів, непрямі методи оцінки VO_{2max}

Abstract. Serhiyenko L. Indirect methods of determination of maximum oxygen consumption. **Purpose:** to describe the methodology of indirect methods of estimation of maximum oxygen consumption. **Material and Methods:** the work dealt with a method of theoretical analysis and generalization, bibliographical method of search and use of scientific information, systemic analysis. **Results:** in classification of indirect methods of determination of VO_{2max} there are five groups: method of inquest, tests based on the estimation of functional activity, tests of moderate physical activity, racing tests (consist of three groups of differential tests), tests whined mechanical examples (step tests and veloergometer tests). **Conclusion:** methodological peculiarities are considered: using of indirect methods of maximum oxygen consumption.

Keywords: maximum oxygen consumption, tests, indirect method of estimation VO_{2max} , classification of methods.

References:

1. Apanasenko G. L. Fizicheskoye razvitiye detey i podrostkov [Physical development of children and adolescents], Kyiv, 1985, 80 p. (rus)
2. Aulik I. V. Opredeleniye fizicheskoy rabotosposobnosti v klinike i sporte [Determination of physical performance in the clinic and sports], Moscow, 1990, 192 p. (rus)
3. Karpman V. L., Belotserkovskiy Z. B., Gudkov I. A. Testirovaniye v sportivnoy meditsine [Testing in sports medicine], Moscow, 1988, 208 p. (rus)
4. Krutsevich T. Yu. Metody issledovaniya individualnogo zdorovya detey i podrostkov v protsesse fizicheskogo vospitaniya [Methods of investigation of individual health of children and adolescents in physical education], Kyiv, 1999, 232 p. (rus)
5. Martirosov E. G. Metody issledovaniya v sportivnoy antropologii [Research Methods in Anthropology Sports], Moscow, 1982, 199 p. (rus)
6. Erl R. V., Bekhl T. R. Osnovy personalnoy trenirovki [Fundamentals of personal training], Kyiv, 2012, 724 p. (rus)
7. Sergienko L. P. Testuvannya rukhovikh zdibnostey shkolyariv [Testing of motor abilities of pupils], Kyiv, 2001, 439 p. (ukr)
8. Sergienko L. P. Sportivna metrologiya: teoriya i praktichni aspekti [Sports metrology: theory and practical aspects], Kyiv, 2010, 776 p. (ukr)
9. Serhiyenko L. P. Sportivnyy otbor: teoriya i praktika [Sports selection: Theory and Practice], Moscow, 2013, 1048 p. (rus)
10. Billat V. Indirect Methods for Estimation of Aerobic Power / V. Billat, P. Lopes // *Physiological Assessment of Human Fitness*. – P. J. Maud, C. Foster (Ed.). – Champaign, IL. : Human Kinetics, 2006. – P. 19–37.
11. Dolgener F. A. Validation of the Rockport Fitness Walking Test in college males and females / F. A. Dolgener, L. D. Hensley,

- J. J. Marsh, J. K. Fjelstul // *Research Quarterly for Exercise and Sport*. – 1994. – Vol. 65. – P. 152–158.
12. George J. D. *Tests y prycbas fisicas* – J. D. George, A. G. Fisher, P. R. Vehrs. – Barcelona : Paidotribo, 1996. – 315 p.
13. Hoffman J. *Horms for Fitness, Performance, and Health* / J. Hoffman. – Champaign, IL. : Human Kinetics, 2006. – 220 p.
14. Jackson A. S. *Prediction of functional aerobic capacity without exercise testing* / A. S. Jackson, S. N. Blair, M. T. Mahar, L. T. Wier, R. M. Ross, J. E. Stuteville // *Medicine and Science in Sports and Exercise*. – 1990. – Vol. 22. – P. 863–870.
15. Jeannotat Y. *Du teste de Cooper a la VO_{2max}* / Y. Jeannotat // *Jeun. E. sport*. – 1980. – N 5. – P. 106–109.
16. Kukkonen–Harjula K. *Effects of walking training on health-related fitness in healthy middle-aged adults – a randomized controlled study* / K. Kukkonen–Harjula, R. Haukkanen, L. Yuori, P. Oja et al. // *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. – 1998. – Vol. 8. – P. 236–242.
17. Leger L. *An indirect continuous running multistage field test: The Universite de Montreal track test* / L. Leger, R. Boucher // *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*. – 1980. – Vol. 5. – P. 77–84.
18. Leger L. *Gross energy cost of horizontal treadmill and track running* / L. Leger, D. Mercier // *Sports Medicine*. – 1984. – N 1. – P. 270–277.
19. Matthews C.E. *Classification of cardiorespiratory fitness without exercise testing* / C. E. Matthews, D. P. Heil, P. S. Freedson, H. Pastides // *Medicine and Science in Sports and Exercise*. – 1999. – Vol. 31. – P. 486–493.
20. Morrow J.R. *Measurement and Evaluation in Human Performance* / J. R. Morrow, A. W. Jackson, J. G. Disch, D. P. Mood. – Champaign, IL. : Human Kinetics, 2000. – 381 p.

Сергієнко Леонід Прокопович: д. пед. н., професор; Миколаївський міжрегіональний інститут розвитку людини ВНЗ «Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»: вул. 2-га Військова, 22, м. Миколаїв, 54003, Україна.

Сергиенко Леонид Прокофьевич: д. пед. н., профессор; Николаевский межрегиональный институт развития человека ВУЗ «Открытый международный университет развития человека «Украина»: ул. 2-я Военная, 22, г. Николаев, 54003, Украина.

Leonid Serhiyenko: Doctor of Science (Pedagogy), Professor; Mykolayiv Regional Institute of Human development of the International University "Ukraine": 2nd Viyskova Street, 22, Mykolayiv, 54003, Ukraine.

ORCID.ORG/0000-0001-6443-0315

E-mail: slp48@ukr.net

Бібліографічний опис статті:

Сергиенко Л. П. *Непрямые методы определения максимального потребления кислорода (обзор)* / Л. П. Сергиенко // *Слобожанський науково-спортивний вісник*. – Харків : ХДАФК, 2015. – № 1(45). – С. 109–122. – dx.doi.org/10.15391/sns.v.2015-1.021

