



Е.Л. Михалюк<sup>1</sup>, В.В. Сыволап<sup>1</sup>, И.В. Ткалич<sup>1</sup>, С.И. Атаманюк<sup>2</sup>

## Функциональные пробы в медицине спорта: положительные и отрицательные стороны их проведения

<sup>1</sup>Запорожский государственный медицинский университет,

<sup>2</sup>Запорожский национальный технический университет

**Ключові слова:** *індекс Робінсона, проба Мартіне-Кушелєвського, проба Руфьє, Гарвардський степ-тест, субмаксимальний тест PWC<sub>170</sub>, індекс функціонального стану.*

**Ключевые слова:** *индекс Робинсона, проба Мартине-Кушелевского, проба Руфье, Гарвардский степ-тест, субмаксимальный тест PWC<sub>170</sub>, индекс функционального состояния.*

**Key words:** *Robinson's index, Martine-Kushlevsky's test, Rufye test, Harward step-test, PWC<sub>170</sub> submaximal test, functional state index.*

У статті послідовно розглядаються методики проведення функціональних проб з фізичним навантаженням, широко вживані в спортивній медицині. Критично розглянуто позитивні і негативні сторони їх проведення. Авторами запропоновано власну методику проведення і оцінки функціонального стану фізкультурників і спортсменів.

В статті послідовно розглядаються методики проведення функціональних проб з фізичною навантаженням, широко використовуються в спортивній медицині. Критично розглянуті позитивні і негативні сторони їх проведення. Авторами запропонована власна методику проведення і оцінки функціонального стану фізкультурників і спортсменів.

Procedures of functional tests with physical activity widely used in sports medicine are consecutively considered in this article. Advantages and drawbacks of their carrying out are critically considered. The authors have offered their own procedure and assessments of athletes and sportsmen's functional state.

Исследование функционального состояния сердечно-сосудистой системы спортсмена в состоянии покоя, на данном этапе развития спортивной медицины, не несет важной и полезной информации для врача, а тем более для тренера. В то же время, исследования, проводимые в приближенных к двигательной деятельности условиях в конкретном виде спорта или в нагрузочном тестировании, позволяют уточнить функциональные способности аппарата кровообращения спортсмена.

Для оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы спортсменов все большее распространение получают простые и весьма информативные показатели, характеризующие механическую деятельность сердца и состояние аппарата кровообращения в целом. Среди таких показателей в первую очередь следует назвать индекс Робинсона или, как его еще называют, – «двойное произведение», равное произведению частоты сердечных сокращений (ЧСС) на величину систолического давления [14].

Двойное произведение (ДП) используют для косвенного суждения об обменных процессах в миокарде [3,8]. Основанием для этого являются результаты экспериментальных исследований, показавших, что произведение величины давления в аорте на ЧСС характеризует потребление кислорода миокардом [13]. По мнению авторов [4,10], с высокой достоверностью подтверждается существующее представление о корреляции ДП с потреблением кислорода миокардом левого желудочка. В частности, согласно данным Г.И. Мазитовой [4], между ДП и уровнем максимального потребления кислорода выявлена достоверная отрицательная связь.

Имеются работы, в которых авторы использовали ДП с целью выявления предела потребления миокардом кислорода в условиях выполнения физических нагрузок

здоровыми людьми.

Большая роль в функциональной диагностике придается информации, получаемой с помощью разнообразных проб (синонимом термина «функциональная проба» в педагогической практике является термин «тест»). Тестирование позволяет оценить функциональное состояние организма, его уровень общей физической работоспособности, готовности к соревновательной деятельности и т.д. Не следует при этом забывать о том, что только комплексный учет результатов применения инструментальных методов исследования и материалов, полученных при проведении функциональных проб, позволяет дать объективную оценку функциональной готовности организма спортсмена.

### Цель работы

Проанализировать существующие тесты оценки функционального состояния физкультурников и спортсменов и предложить наиболее оптимальную методику тестирования.

В настоящее время в практике спортивной медицины имеется достаточное число функциональных проб с применением дозированных физических нагрузок для оценки функционального состояния спортсменов. Это проба Мартине-Кушелевского (20 приседаний за 30 с), с расчетом показателя качества реакции, предложенного Б.П. Кушелевским, Гарвардский степ-тест с расчетом соответствующего индекса, субмаксимальный тест PWC<sub>170</sub> с расчетом физической работоспособности и др. К сожалению, не все они несут полную и достоверную информацию о функциональном состоянии организма физкультурника или спортсмена.

В последнее время все чаще появляются сообщения, в которых авторы с позиции современных знаний подвергают критике результаты исследований, проведен-

ные еще в 20–30-е годы прошлого века. К сожалению, забывается классическое выполнение того или иного теста для оценки функционального состояния, в частности сердечно-сосудистой системы. Например, всем известная функциональная проба, которую большинство авторов называет пробой Мартине (Martinet) и именуемую, как проба 20 приседаний за 30 с в действительности осуществляется следующим образом. У спортсмена после 5 минут в положении сидя трижды измеряют артериальное давление (АД) и пульс с одномоментными перерывами. Затем спортсмен делает 20 глубоких приседаний в течение 40 секунд и снова садится. После этого через каждую минуту измеряют АД и пульс в течение 15–20 секунд. Артериальное давление в норме должно вернуться к исходной величине через 4 минуты, а частота пульса – через 3 минуты. Таким образом, такая проба в виду малой и не интенсивной нагрузки рекомендовалась в те годы для «менее тренированных спортсменов» [11].

Проба, в которой проводится 20 приседаний за 30 с – это усовершенствованная Б.П. Кушелевским проба Мартине, поэтому справедливее говорить о ней, как проба Мартине-Кушелевского.

Как известно, проба 20 приседаний за 30 с проводится чаще физкультурникам или спортсменам низкой квалификации. Критериями ее оценки являются: возбудимость пульса, характер реакции АД на нагрузку и время восстановления пульса после 20 приседаний к исходной величине. Прежде всего, следует остановиться на физической нагрузке в виде 20 приседаний за 30 с, которую не корректно называть дозированной. Во время приседаний, осуществляемых испытуемыми, имеющими разную длину тела, а значит и длину ног, может осуществляться разная совершаемая при этом физическая работа. Далее, приседания могут быть глубокими или полуприседаниями. Их количество меньше или больше 20, а время выполнения, больше или меньше, чем за 30 с. Трудно не согласиться с мнением некоторых авторов, которые обращают внимание на качество проведения данной функциональной пробы, подчеркивая, что не корректное, а порой небрежное ее выполнение врачами физкультурного диспансера «искажает выявленные закономерности восстановления и делает такие исследования бесполезными и даже вредными» [9].

Что касается времени восстановления пульса после 20 приседаний, то диапазон его весьма велик. Это время может колебаться от 30–40 секунд (у спортсменов, тренирующихся в видах спорта на выносливость и имеющих относительно большой стаж занятий) до 180 секунд, и все это находится в пределах нормы. Немаловажным является тот факт, что указанную пробу, при динамических наблюдениях, проблематично воспроизвести в точности, особенно если в условиях физкультурного диспансера ее проводит другой врач.

Нередко исследователи реакцию системы кровообращения на функциональную пробу пытаются (считая, что пульсовое давление находится в прямой зависимости от систолического объема крови) оценить путем использования различных формул, косвенно характеризующих

интегральный показатель функции кровообращения – минутный объем крови. Наиболее распространена формула Б.П. Кушелевского [1], которая представляет отношение разницы между пульсовым давлением до и после физической нагрузки (20 приседаний за 30 с) к разнице пульса до и после выполнения нагрузки. На отрицательных сторонах выполнения пробы 20 приседаний за 30 с мы уже останавливались, кроме этого, в предлагаемой формуле отсутствуют данные пульса и АД в восстановительном периоде.

В Украине совсем недавно, после смертельных случаев во время занятий по физкультуре в школах, для оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы школьников и определения пригодности их к занятиям по физическому воспитанию рекомендована методика проведения функциональной пробы Руфье. Детям предлагалась эта проба в следующем виде. После трех-пяти минут отдыха в положении сидя у обследуемого подсчитывают пульс каждые 15 с пока не будет получено две-три одинаковые величины. После этого ученик должен выполнить 30 приседаний с вытянутыми вперед руками в течение 45 с. После окончания приседаний ученик садится и проводится подсчет пульса за первые 15 с первой минуты восстановления и за последние 15 с первой минуты восстановления. Оценку функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы проводили по индексу Руфье (IR), который рассчитывали по формуле:

$$IR = \frac{4(ЧСС_1 + ЧСС_2 + ЧСС_3) - 200}{10}$$

где: ЧСС<sub>1</sub> – пульс за 15 с в состоянии покоя; ЧСС<sub>2</sub> – пульс за первые 15 с первой минуты восстановления; ЧСС<sub>3</sub> – пульс за последние 15 с первой минуты восстановления. Уровни функционального резерва сердца определяли с учетом пяти градаций: меньше 3 – высокий уровень; 4–6 – выше среднего (хороший); 7–9 – средний; 10–14 – ниже среднего (удовлетворительный); больше 15 – низкий.

После проведения тестирования по такой «модифицированной» методике теста Руфье очень большой процент школьников был необоснованно отнесен или к специальной медицинской группе, или вообще освобожден от занятий по физическому воспитанию. Это вызвало естественный «бунт», выразившийся в большом количестве телефонных звонков во врачебно-физкультурный диспансер от возмущенных родителей, у которых дети, успешно занимавшиеся спортом, теперь вынуждены сидеть на гимнастической скамейке во время занятий физкультурой. Нельзя не согласиться с тем, что в данном случае определенную роль сыграл невысокий уровень подготовки участковых педиатров в вопросах медицины спорта [12]. Думаем, что выполнение в начале учебного года школьниками данного теста вызывает естественную неадекватную реакцию со стороны сердечно-сосудистой системы. Для неподготовленных к значительным физическим нагрузкам школьников весьма проблематично восстановиться через минуту после выполнения теста, что и выразилось в неудовлетворительной или низкой

оценке, и в очередной раз привело к дискредитации медицинских осмотров. Мы считаем, что при массовых обследованиях школьников целесообразно применять простую и информативную пробу с физической нагрузкой в виде 20 приседаний за 30 с (пробу Мартине-Кушелевского).

Классический вариант проведения теста и расчет индекса Руфье (Ruffier) представлен в том же источнике [11]. Автор считает, что данный индекс пригоден для хорошо тренированных людей, поскольку нагрузка более интенсивная, чем в пробе Мартине. Артериальное давление не измеряется. Методика заключается в измерении частоты пульса в положении сидя после 5 минутного покоя ( $P_1$ ). Затем нагрузка в виде 30 глубоких приседаний в течение 30 с. Непосредственно за этим – измерение пульса в положении стоя ( $P_2$ ), которое повторяется через минуту сидения ( $P_3$ ). Расчет индекса производится по формуле:

$$I = \frac{P_1 + P_2 + P_3 - 200}{10}$$

и оценивается следующим образом:

<0 – отлично; 0-5 – хорошо; 6-10 – посредственно; 11-15 – слабо; >15 – неудовлетворительно.

Безусловно, от того, как мы будем называть ту или иную пробу, качество ее проведения не изменится, однако не следует забывать историю. А игнорирование классических вариантов выполнения теста или пробы, предложение их выполнения не соответствующему функциональному состоянию контингенту, к тому же, не давая взамен достойных и информативных, может приводить к абсурдам и не будет способствовать развитию спортивной медицины.

Недостатком Гарвардского степ-теста для оценки функционального состояния организма является отсутствие учета массы и, особенно, длины тела испытуемого при проведении и интерпретации результатов пробы. Понятно, что у лиц разной длины и массы тела подъемы на ступеньку одной высоты и в одинаковом темпе будут составлять разную по величине работу, что нарушает стандартизацию нагрузки. Кроме того, измерение АД, которое часто лимитирует выполнение физических нагрузок, является технически невозможным, что ограничивает диагностические возможности теста. Кроме того, даже зная величину выполненной работы после восхождений на ступеньку, нет возможности определить количественные величины физической работоспособности или максимального потребления кислорода.

Таким образом, представленные функциональные пробы сердечно-сосудистой системы с применением физических нагрузок имеют ряд недостатков. Прежде всего, отсутствие количественной оценки проделанной физической работы и невозможность точно воспроизвести предыдущую нагрузку при динамических наблюдениях. Этих недостатков, в определенной мере, можно избежать, если в качестве физических нагрузок использовать дозированные физические нагрузки на велоэргометре.

Велоэргометрическое определение физической работоспособности испытуемых, с использованием субмаксимального теста  $PWC_{170}$ , в этом смысле лишено многих недостатков. Во-первых, с целью исключения влияния длины тела на показатели, имеется возможность ее нивелировать, благодаря установлению высоты седла велоэргометра с учетом длины ноги. А строгое соблюдение методики проведения теста сводит на нет предыдущие недостатки, которые могут возникнуть при тестировании спортсменов.

В то же время, мы столкнулись с тем, что классическое проведение субмаксимального теста  $PWC_{170}$  [2] не предусматривает учет исходных величин пульса при выборе первой физической нагрузки на велоэргометре. Нами замечено, что у лиц с исходной ЧСС покоя 60 уд./мин и менее после рекомендуемой мощности первой физической нагрузки на велоэргометре при выполнении субмаксимального теста  $PWC_{170}$  ЧСС повышается до 85–100 уд./мин, вместо рекомендуемых 110–120 уд./мин [2]. Это приводило к необоснованному повышению мощности второй физической нагрузки и в дальнейшем – к искаженным величинам физической работоспособности испытуемого.

С целью исключения подобного, нами предложен дифференцированный выбор мощности первой физической нагрузки с учетом данных исходного пульса в состоянии покоя (сидя на велоэргометре) [5,7].

Настоящее усовершенствование [6] предусматривает обязательное измерение ЧСС и АД в состоянии покоя, после физических нагрузок на велоэргометре, а также на 5 минуте восстановительного периода с расчетом ДП, соответственно в состоянии покоя, на пике физической нагрузки после второй физической нагрузки при выполнении субмаксимального теста  $PWC_{170}$  и на 5 минуте восстановительного периода.

Нами предложен и апробирован способ определения функционального состояния физкультурников и спортсменов, благодаря расчету индекса функционального состояния (ИФС), в котором помимо уже представленных данных ДП присутствуют величины физической работоспособности.

Итак, ИФС можно рассчитать по формуле:

$$\text{ИФС} = \frac{PWC_{170} (\text{Вт/кг})}{\text{ДП}_1 + \text{ДП}_2 + \text{ДП}_3} \times 1000 \text{ (отн. ед.)}$$

где:  $PWC_{170}$  (Вт/кг) – относительная величина физической работоспособности;

$\text{ДП}_1$  – двойное произведение (исходные данные);

$\text{ДП}_2$  – двойное произведение после второй физической нагрузки на велоэргометре;

$\text{ДП}_3$  – двойное произведение на 5 минуте восстановительного периода;

1000 – величина, позволяющая перевод в целые цифры.

Если ИФС составляет или превышает 12,0 отн. ед., то состояние оцениваем как высокое, если в пределах 11,9–10,0 – выше среднего, 9,9–8,0 – среднее, 7,9–6,0 – ниже среднего, менее 6,0 – низкое.

Целесообразность использования указанных показателей можно обосновать следующим. Применение двойного произведения в состоянии покоя и после второй физической нагрузки на велоэргометре объясняется тем, что этот показатель является одним из критериев функционального состояния сердечно-сосудистой системы, который отображает потребление кислорода миокардом [4,10,13]. Расчет двойного произведения на 5 минуте восстановительного периода позволяет проследить состояние сердечно-сосудистой системы в период реституции. Определение физической работоспособности на велоэргометре по субмаксимальному тесту  $PWC_{170}$  позволяет количественно оценить мышечную работу и проводить динамические исследования, позволяющие точно повторить предыдущую дозированную нагрузку. Возможность расчета физической работоспособности с учетом массы тела испытуемых, т.е. относительной величины показателя  $PWC_{170}$  позволяет следить за его уровнем при динамических наблюдениях. И, наконец, количественная оценка функционального состояния организма позволяет проследить изменения его во время оздоровительных или тренировочных нагрузок у физкультурников и спортсменов в годичном цикле тренировочного процесса или на его этапах.

Таким образом, предложенный способ оценки функционального состояния физкультурников и спортсменов [6] легко воспроизводим, а главное, учитывает величину физической работоспособности, ДП в состоянии покоя, на пике велоэргометрической нагрузки и в ближнем

восстановительном периоде (на 5 минуте). Кроме того, предложенная формула позволяет повысить точность и ввести критерии количественной оценки функционального состояния. Большое значение имеет применение данного способа при динамических исследованиях спортсменов в микро- и макроциклах с целью корректировки тренировочного процесса.

#### Выводы

1. Добросовестное проведение пробы Мартине-Кушелевского (20 приседаний за 30 с) по классической методике целесообразно для оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы школьников и физкультурников, а также спортсменов низких разрядов из-за своей простоты и информативности.

2. Для оценки функционального состояния спортсменов высокого класса существует проба Руфье, выполнение которой рекомендуется проводить по авторскому варианту.

3. Велоэргометрическое определение физической работоспособности по субмаксимальному тесту  $PWC_{170}$  с расчетом индекса функционального состояния позволяет проводить мониторинг, повысить точность и ввести дополнительные критерии количественной оценки для осуществления оперативной коррекции в учебно-тренировочном процессе спортсменов.

**Перспективы дальнейших исследований** состоят в разработке и усовершенствовании методик проведения и оценки функционального состояния физкультурников и спортсменов.

#### Литература

1. Врачебный контроль в физическом воспитании и спорте / А.В. Чоговадзе, М.М. Круглый. – М.: Медицина, 1977. – С. 63-64.
2. Карпман В.Л. Тестирование в спортивной медицине / В.Л. Карпман, З.Б. Белоцерковский, И.А. Гудков. – М.: ФИС, 1988. – 208 с.
3. Кудря О.Н. Показатели физиологических систем организма спортсменов на разных этапах годичного цикла / О.Н. Кудря, В.В. Вернер // Теория и практика физической культуры. – 2008. – №7. – С. 67-71.
4. Мазитова Г.И. Роль исследования гемодинамических характеристик покоя в прогнозе физической работоспособности / Мазитова Г.И. // Теория и практика физической культуры. – 2008. – №1. – С. 83-85.
5. Михалюк Е.Л. Выбор мощности первой физической нагрузки на велоэргометре при проведении теста спортсменам с брадикардией и массой тела меньше 55 кг // Физкультура в профилактике, лечении и реабилитации. – 2009. – №2 (29). – С. 30-32.
6. Патент на корисну модель №36013 UA МПК А61В5/00 Спосіб оцінки функціонального стану організму осіб, що займаються фізичною культурою та спортом / Михалюк Є.Л., Сыволап В.В., Ткалич І.В. // Промислова власність. – 2008. Бюл. №19. – С. 5-23.
7. Патент України №68836 А, МПК А61В5/00 Спосіб виміру потужності першого фізичного навантаження на велоергометрі для визначення фізичної працездатності за тестом  $PWC_{170}$  спортсменів високого рівня / Михалюк Є.Л.

// Промислова власність. – 2004. – №8 (1). – С. 4.22.

8. Сагитова В.В. Особенности аппарата кровообращения и физической работоспособности у ветеранов спорта / В.В. Сагитова, З.Б. Белоцерковский, А.В. Смоленский [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 2008. – №1. – С. 62-69.

9. Сидоров С.П. Значение корректного выполнения методики функциональной пробы с 20 приседаниями при оценке состояния сердечно-сосудистой системы юных спортсменов / С.П. Сидоров, А.М. Перхуров, О.С. Штефан // Физкультура в профилактике, лечении и реабилитации. – 2009. – №2 (29). – С. 39-44.

10. Смирнов А.Д. Двойное произведение в диагностике состояния сердечно-сосудистой системы / А.Д. Смирнов, С.К. Чурина // Физиология человека, 1991. – Т.17. – №3. – С. 64-66.

11. Тесты в спортивной практике / Х. Бубэ, Г. Фэк, Х. Штюблер, Ф. Трогш. – М.: ФИС, 1968. – 239 с.

12. Хрущев С.В. Объективная и безопасная технология оценки по предмету физическая культура в образовательных учреждениях / С.В. Хрущев, А.М. Соболев, С.Д. Поляков, И.Т. Корнеева // Материалы международной научной конференции по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений «Спортмед-2009». – С. 209-210.

13. Карпман В.Л. Different types of myocardial hypertrophy in athletes / V.L. Karpman, Z.B. Belotserkovsky // J. Sports Card., 1986. – Vol.3, №2. – P.103-108.

14. Robinson B.F. Relation of heart rate and systolic blood pressure to the on set of pain in angina pectoris // Circulation, 1967. – Vol.35, №6. – P.1073-1083.

#### Сведения об авторах:

Михалюк Е.Л., д.мед.н., доцент, зав. каф. физической реабилитации и спортивной медицины с курсом физического воспитания и здоровья ЗГМУ.

Сыволап В.В., д.мед.н., профессор, зав. каф. пропедевтики внутренних болезней с уходом за больными ЗГМУ.

Ткалич И.В., ассист. каф. физической реабилитации и спортивной медицины с курсом физического воспитания и здоровья, гл. врач обл. врачебно-физкультурного диспансера.

Атаманюк С.И., канд. наук по физ. воспитанию и спорту, доцент, зав. каф. олимпийских и игровых видов спорта ЗГМУ.

#### Адрес для переписки:

Михалюк Евгений Леонидович, 69035, г. Запорожье, пр. Маяковского, 26. ЗГМУ, каф. физической реабилитации и спортивной медицины с курсом физического воспитания и здоровья. Тел.: (061) 277-97-32, моб. (097) 394-05-90. E-mail: mikhalyuk@zsmu.zp.ua