

Лабораторная работа №1 (4 часа)

Определение функционального состояния различных органов и систем

Методы функционального исследования позволяют в высшей степени достоверно судить о функциональной способности организма, облегчают выбор методики и дозировки средств физической культуры.

Уровень адаптации какой-либо системы или организма в целом невозможно оценить при исследовании его лишь в состоянии покоя. Для этого необходимы функциональные пробы (физические, фармакологические, температурные, недостатком кислорода, изменением положения тела, электростимуляцией предсердий и т. д.).

Наибольшее распространение имеют пробы с физическими нагрузками, так как они легко дозируются, выражены в абсолютных единицах (кгм/мин, Вт), могут быть воспроизведены в любом месте и в любое время, наиболее физиологичны и достаточно хорошо переносятся людьми различного пола, возраста и состояния здоровья.

При решении вопроса об адекватности физической нагрузки функциональным возможностям организма важнейшее значение имеет функциональное состояние сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

Отсутствие четкого представления о границах их резервных возможностей является, с одной стороны, препятствием к достижению наибольшего эффекта от применения физических нагрузок из-за невозможности их индивидуализации, а с другой — может привести к различным нарушениям кардиореспираторной системы из-за несоответствия величины физической нагрузки адаптационным возможностям организма.

Функциональные пробы сердечно-сосудистой системы

Их можно разделить на два вида: специфические и неспецифические. Специфические функциональные пробы имитируют конкретный вид спорта и оценивают функциональные качества, характерные для него (работа на велотренажере, в гребном аппарате, плавание контрольной дистанции, отрыв штанги и т. д.).

Неспецифические пробы (20 приседаний, трехминутный бег на месте и т. д.) отражают общие изменения, возникающие в организме человека, в частности в сердечно-сосудистой системе, в ответ на стандартные дозированные физические нагрузки.

Кроме того, функциональные пробы сердечно-сосудистой системы делятся, в зависимости от количества предполагаемых нагрузок, на одномоментные, двухмоментные и трехмоментные.

К одномоментным пробам, наиболее часто используемым при обследовании спортсменов-школьников, следует отнести пробу с 20 приседаниями за 30 с и пробу с 2-минутным бегом на месте.

Примером двухмоментной пробы может быть сочетание 20 приседаний и 15-секундного бега в максимальном темпе.

Классическим примером трехмоментной пробы может служить проба профессора С. П. Летунова, включающая три вида различных нагрузок: 20

приседаний за 30 с (первая); 15-секундный бег в максимальном темпе (вторая); трехминутный бег на месте (третья).

Проба с 20 приседаниями (методика проведения). Обследуемый садится у края стола слева от врача. На его левом плече закрепляется манжетка тонометра, левая рука кладется на стол ладонью вверх. После 2—3-минутного отдыха трижды подсчитывают пульс за десятисекундные отрезки времени. Далее измеряют артериальное давление (АД). Отключают тонометр, не снимая манжетки с предплечья. На следующем этапе испытуемый делает 20 глубоких приседаний за 30 с (руки вверх). После окончания нагрузки он садится за стол перед врачом (тренером). Подсчитывается пульс первые 10 с первой минуты восстановления. Определяется давление на первой минуте. На второй минуте — пульс за 10 с и давление. На третьей минуте — пульс за 10 с и давление. В ходе выполнения пробы, а также после его завершения отмечают изменения окраски лица, частоты дыхания, самочувствия, усиленное потоотделение и другие признаки утомления.

У лиц, занимающихся в спортивных школах и секциях, проводят пробы с более высокими нагрузками.

Проба с двухминутным бегом на месте (методика проведения). Бег проводится в темпе 180 шагов в минуту (под метроном) при сгибании бедра на 70°, сгибании голени до угла с бедром 45—50°. Руки согнуты в локтевых суставах, как при обычном беге, движение руками свободные. Исследование и регистрацию данных пульса и АД проводят на каждой минуте 5-минутного периода восстановления.

Комбинированная проба профессора С. П. Летунова (методика проведения). Она показана спортсменам, имеющим достаточный спортивный стаж, и является классическим примером трехмоментной пробы. Сначала испытуемый выполняет 20 глубоких приседаний за 30 с. Период восстановления — 3 мин (в течение каждой минуты определяют PS за 10 с и АД). Далее, после трехминутного перерыва, предлагается вторая нагрузка — 15-секундный бег на месте в максимальном темпе. Период восстановления — 4 мин (в динамике на 1, 2, 3 и 4-й мин определяют PS и АД). Спустя 4 мин предлагается третья нагрузка — трехминутный бег на месте в темпе 180 шагов в минуту. Период восстановления 5 мин (на 1, 2, 3, 4 и 5 мин восстановительного периода в динамике регистрируются показатели PS и АД).

Первая нагрузка (20 приседаний за 30 с) в пробе С. П. Летунова является разминочной. Но в то же время неадекватная реакция на нее (значительное увеличение PS, АД, появление одышки, повышенной потливости и т. д.) может служить критерием, диагностирующим негативные, патологические или предпатологические состояния, такие как начинающееся заболевание, перетренированность, нарушение спортивного режима и т. д. В этом случае дальнейшее проведение пробы должно быть приостановлено, а испытуемый направлен на консультацию к врачу.

Вторая нагрузка имитирует скоростной бег и отражает адаптацию сердечно-сосудистой системы к скоростным нагрузкам.

Третья нагрузка (аналогичная пробе Котова — Демина) имитирует длительную работу и отражает адаптацию сердечно-сосудистой системы к нагрузкам на выносливость.

Оценка результатов функциональных проб сердечно-сосудистой системы. Оценка результатов проб производится на основании нескольких критериев:

- по данным прироста PS;
- по динамике прироста АД;
- по времени восстановления PS и АД;
- по типу реакции на стандартную физическую нагрузку.

Нормальной реакцией на пробу с 20 приседаниями считается учащение PS на 50—70 % от исходного. После 2—3-минутного бега PS увеличивается на 80—100 %; после 15-секундного бега в максимальном темпе PS увеличивается на 100—120 %. Более значительное учащение PS свидетельствует о нерациональной реакции системы кровообращения на нагрузку, так как усиление ее деятельности при физической нагрузке в большей степени происходит за счет увеличения ЧСС, а не возрастания сердечного выброса. Чем выше функциональный потенциал сердца, чем совершеннее деятельность его регуляторных механизмов, тем меньше учащается пульс в ответ на дозированную физическую нагрузку.

При оценке реакции АД на стандартную нагрузку необходимо обращать внимание на характер изменения как АД_{тах}, так и АД_{тп}. При благоприятной реакции на пробу с 20 приседаниями АД_{тах} у школьников увеличивается на 15—20 %, АД_{тп} снижается на 20—30 %. С понижением АД_{тп} и повышением АД_{тах} увеличивается пульсовое давление, как и процент учащения пульса. При удовлетворительной реакции в ответ на 20 приседаний пульсовое давление увеличивается на 30—50 %. Уменьшение пульсового давления после пробы свидетельствует о нерациональности реакции на физическую нагрузку.

Весьма важно в оценке реакции сердечно-сосудистой системы сопоставить изменения PS и АД, выяснить, соответствует ли увеличение PS повышению пульсового давления, что способствует выявлению механизмов, за счет которых происходит приспособление к физической нагрузке.

Установлено, что у детей чаще, чем у взрослых, усиление сердечной деятельности при физических нагрузках происходит в большинстве случаев за счет прироста пульса, а не увеличения сердечного выброса, т. е. менее рационально.

По характеру изменения пульса, артериального давления и длительности их восстановления после физической нагрузки различают пять типов реакции сердечно-сосудистой системы:

- 1) нормотонический;
- 2) гипотонический;
- 3) гипертонический;

- 4) дистонический;
- 5) реакция ступенчатого типа.

Нормотонический тип реакции характеризуется незначительным приростом пульса (в среднем на 50 % от исходного), увеличением АД_{тах} на 15—20 мм рт. ст., уменьшением АД_{т.п.} на 5—10 мм рт. ст. может оставаться неизменным). Все показатели приходят в норму за определенное время (при выполнении 20 приседаний за три минуты должны в норму восстановиться все показатели). Эта реакция свидетельствует о том, что увеличение минутного объема крови при мышечной нагрузке происходит вследствие как увеличения сердечного выброса, так и увеличения ЧСС.

Умеренный подъем АД_{тах}, отражающий усиление систолы левого желудочка, увеличение пульсового давления в нормальных пределах, отражающее увеличение ударного объема сердца, умеренное снижение АД_{т.п.}, отражающее снижение тонуса артериол, способствует улучшению доступа крови на периферию, сокращению восстановительного периода, что указывает на высокий уровень регуляторных механизмов всех звеньев системы кровообращения, обеспечивающих физиологически рациональное приспособление к физической нагрузке.

Гипотонический тип реакции характеризуется незначительным приростом АД_{тах} (на 5—10 мм рт. ст.) и незначительным приростом АД_{т.п.} (5—10 мм рт. ст.). В целом пульсовое давление остается прежним (как в покое) или даже уменьшается. Отмечается резкий прирост пульса (до 100—110 % от исходного). Восстановительный период удлиняется до 5—10 мин (при норме до 3 мин). Таким образом, усиление кровообращения при мышечной нагрузке достигается скорее за счет возрастания пульса, а не увеличения ударного объема сердца (систолического выброса).

Такая реакция является отражением функциональной неполноценности сердца и регулирующих его деятельность механизмов. Она характерна для ослабленных, детренированных лиц, у которых проявляются признаки гиподинамического синдрома.

Гипертонический тип реакции на физическую нагрузку характеризуется резким повышением АД_{тах} (до 170—200 мм рт. ст.), АД_{т.п.} (до 100—110 мм рт. ст.) и значительным увеличением пульса (до 70—90 % от исходного). Восстановительный период удлиняется, достигая 7—10 мин. Эта реакция может быть предвестником появления у подростков нейроциркуляторной дистонии по гипертоническому типу, у взрослых — скрытой гипертонической болезни. Нередко она наблюдается у спортсменов, находящихся в состоянии физического перенапряжения или перетренированности.

Диатонический тип реакции характеризуется появлением феномена «бесконечного тона» (тоны Короткова прослушиваются при снижении давления в манжетке до «0»). Кроме того, отмечается значительное увеличение АД_{тах} (до 180—200 мм рт. ст.), PS и продолжительности восстановительного периода.

Подобные проявления свидетельствуют о неадекватности реакции системы кровообращения величине выполненной нагрузки и наблюдается чаще всего при выраженной неустойчивости сосудистого тонуса, при вегетативных неврозах, переутомлениях, после перенесенных заболеваний.

Реакция ступенчатого типа характеризуется ступенчатым подъемом АД_{тах} на 2—3 мин восстановительного периода. Такая реакция отражает ослабление функциональной приспособительности системы кровообращения к физическим нагрузкам и функциональную неполноценность регулирующих его механизмов. Она расценивается как неблагоприятная и наблюдается при утомлении, после перенесенных инфекционных заболеваний, у спортсменов — при недостаточной тренированности. Следует отметить, что в большинстве случаев при взятии этой пробы отмечается значительное учащение пульса, увеличение времени восстановительного периода.

Описанные выше функциональные пробы сердечно-сосудистой системы с физическими нагрузками обладают недостатками: 1) при их проведении нельзя количественно оценить произведенную при этом мышечную работу; 2) при повторных пробах (в случае динамических наблюдений) невозможно точно воспроизвести предыдущую нагрузку.

Указанные недостатки в определенной мере можно избежать, если при проведении функциональных проб использовать физические нагрузки в форме подъемов на ступеньку — степ-тесты, которые в последнее время получают все большее распространение.

Проба Руфье. Используется при массовых осмотрах школьников и начинающих спортсменов. Она заключается в выполнении 30 приседаний за 45 с. Оценка по пульсу, измеренному за 15-секундные отрезки времени.

Рассчитывается индекс Руфье по формуле

$$ИР = (4 \times (P_1 + P_2 + P_3) - 200) / 10,$$

где P_1 — исходный пульс за 15 с; P_2 — пульс, измеренный за первые 15 с первой минуты восстановления (1—15); P_3 — пульс, измеренный за последние 15 с первой минуты восстановления (45—60).

Таблица 3.7

Оценка результатов

Спортсмены		Школьники (до 14 лет)		Студенты	
Значение	Оценка	Значение	Оценка	Значение	Оценка
0—2,9	Отличная	0—5	Отличная	0—3	Высокая
3—5,9	Хорошая	6—10	Хорошая	4—6	Хорошая
6—7,9	Удовлетворите	11—	Удовлетворите	7—10	Средняя

	льно	15	льно		
Более 8	Неудовлетвори тельно	16 и более	Неудовлетвори тельно	10— 15	Удовлетворит ельно

Ортостатическая проба. Эта проба позволяет получить важную информацию во всех тех видах спорта, элементами спортивной деятельности которых является изменение положения тела в пространстве. К ним можно отнести спортивную и художественную гимнастику, акробатику, прыжки на батуте, прыжки в воду, прыжки с шестом и т. д. Во всех этих видах спорта ортостатическая устойчивость является необходимым условием спортивной работоспособности. Как правило, она повышается под влиянием систематических тренировок.

Ортостатическая реакция организм связана с тем, что при переходе тела из горизонтального положения в вертикальное в его нижней половине депонируется значительное количество крови. В результате этого ухудшается венозный возврат крови к сердцу и в связи с этим уменьшается систолический объем выбрасываемой крови (на 20—30 %). Компенсация этого неблагоприятного воздействия осуществляется в первую очередь за счет учащения ЧСС. Помимо этого, важная роль принадлежит и изменениям сосудистого тонуса.

В основе развития различных реакций, связанных с изменением положения тела, лежат механизмы, сходные с теми, которые будут рассмотрены в разделе проб с натуживанием. Разница заключается в том, что при ортостатических пробах сопротивление в сосудах малого круга не изменяется.

Степень уменьшения венозного возврата крови к сердцу при изменении положения тела в большей степени зависит от тонуса крупных вен. Если он снижен, уменьшение венозного возврата может быть столь значительным, что при вставании в связи с резким ухудшением кровообращения мозга может наступить обморок. Низкий венозный тонус также может быть причиной развития обморочного состояния (ортостатического коллапса) при длительном сохранении спортсменом вертикального положения.

Ортостатическая неустойчивость, связанная с понижением венозного тонуса, развивается у спортсменов сравнительно редко. Вместе с тем она иногда может выявляться при проведении так называемых пассивных ортостатических проб. Поэтому целесообразно использовать их для оценки функционального состояния организма спортсменов.

Проведение активной ортостатической пробы заключается в следующем: испытуемый в течение 1,5—2 мин находится в горизонтальном положении. Спустя две минуты у него в положении лежа определяют пульс, артериальное давление и частоту дыхания. Далее спортсмен переводится в вертикальное положение, после чего сразу фиксируют пульс, артериальное давление и частоту дыхания.

Оценка результатов. Реакцией на ортостатическую пробу является возрастание пульса и частоты дыхания. У тренированных спортсменов в норме прирост пульса составляет 10—15 уд/мин; частота дыхания — 2—4 вдоха в минуту. Систолическое АД обычно снижается (на 2—5 мм рт. ст.), диастолическое АД увеличивается на 8—10 мм рт. ст.

Признаками ортостатической неустойчивости являются выраженное падение АД систолического, резкое учащение пульса, дыхательных движений более чем на 25—30 % от исходного.

Показатели этой пробы могут характеризовать состояние регуляторных механизмов сердечно-сосудистой системы спортсменов, а также являться критерием отбора при проведении проб со значительной физической нагрузкой.

Гарвардский степ-тест. С его помощью количественно оценивают восстановительные процессы после дозированной мышечной нагрузки. Очень близок к пробе Летунова — изучаются те же закономерности, но есть различия в методике — бег (проба Летунова), восхождение на ступеньку (степ-тест).

Высота ступеньки для мужчин — 50 см, для женщин — 43 см. Время восхождения — 5 мин. Высота ступеньки может зависеть от роста человека, точнее, от длины его ног (номограмма Хетингера).

Темп — 30 восхождений в минуту (1—2—3—4).

Достоинство метода — рассчитать показатель (индекс Гарвардского степ-теста — ИГСТ) можно практически при любой длительности выполнения нагрузки (3—4 мин).

Физическая готовность спортсмена оценивается путем подсчета PS. Сразу после испытания он садится. Регистрация пульса проводится за первые 30 с 2, 3 и 4-й мин восстановительного периода:

$$\text{ИГСТ} = (t \times 100) / ((f_1 + f_2 + f_3) \times 2),$$

где t — время восхождения (с), f_1 , f_2 и f_3 — пульс за первые 30 с 2, 3, 4-й мин восстановительного периода.

Величина ИГСТ характеризует скорость восстановительных процессов после достаточно напряженной физической нагрузки.

Чем быстрее восстанавливается пульс после ИГСТ, тем меньше величина $f_1 + f_2 + f_3$ и, следовательно, выше ИГСТ.

Оценка результатов:

- • менее 55 — плохая величина индекса;
- • 55—64 — ниже средней;
- • 65—79 — средняя;
- • 80—89 — хорошая;
- • 90 и более — отличная.

Модификация метода ИГСТ. Существует метод, позволяющий рассчитать ИГСТ, измерив ЧСС от 60 до 90 с восстановительного периода, т. е. за время первой половины его второй минуты

$$(f): \text{ИГСТ} = t \times 100 / f \times 5,5.$$

Недостатком Гарвардского степ-теста является отсутствие учета при проведении пробы роста и массы тела испытуемого. Безусловно, у людей разного роста и веса подъемы на ступеньку одной высоты в одинаковом тесте будут составлять разную по величине работу, что нарушает стандартизацию нагрузки.

Учет роста при проведении степ-теста, т. е. при оценке влияния стандартной нагрузки, особенно важен для детей, так как они очень часто значительно различаются по росту даже в одной возрастной группе. Поэтому при проведении степ-теста у школьников целесообразнее использовать ступеньку с меняющейся высотой (модель Хеттингера — Родаля, 1960) или иметь набор ступенек различной высоты.

Индивидуальный подбор высоты ступеньки проводят в зависимости от длины ног испытуемого, измеренной от вертикальной точки до пола, с помощью номограммы Хеттингера.

Проведя из точки пересечения перпендикуляра, восстановленного из точки на оси абсцисс, соответствующей длине ног испытуемого, с линией, где прямую линию на оси ординат получают точку, соответствующую искомой высоте ступеньки.

Индивидуально подобранная высота ступеньки обеспечивает каждому испытуемому наиболее физиологичные условия (сумма углов бедра с туловищем и голени с бедром составляет около 210°) движений при подъемах и спусках.

Подъемы выполняются на 4 счета в течение 6 мин в темпе 25 подъемов в минуту (т. е. 100 ударов метронома в минуту).

Оценка реакции системы кровообращения на данную нагрузку по частоте пульса может быть проведена путем сравнения полученных результатов с должными значениями сердечного ритма у детей, рассчитанными, например, в зависимости от массы тела.

Определение общей работоспособности с помощью теста PWC170. PWC170 — аббревиатура, составленная из первых букв выражения *Physical Working Capacity* (физическая работоспособность). Этот тест предложен Ф. Шёстрандом (Стокгольм) и предназначен для определения физической работоспособности спортсменов.

В тесте PWC170 она выражается величиной мощности нагрузки, которую испытуемый может выдержать при ЧСС, равной 170 удар/мин.

Выбор этой частоты основан на том, что зона оптимального функционирования сердечно-сосудистой системы находится в диапазоне 170—190 удар/мин. Таким образом, с помощью этого теста можно определить ту мощность нагрузки, при которой сохраняется оптимальное функционирование сердечнососудистой системы.

Вторая физиологическая закономерность, лежащая в основе теста, заключается в том, что взаимосвязь между ЧСС и мощностью выполняемой нагрузки имеет линейный характер, вплоть до ЧСС, равной 170 удар/мин. При более высокой ЧСС линейный характер взаимосвязи нарушается

вследствие активизации анаэробных (гликолитических) механизмов энергообеспечения мышечной работы.

На практике применяют два варианта теста PWC170: вело- эргометрический тест и тест, в котором нагрузка выполняется в виде восхождения на ступеньку.

Испытуемому предлагают выполнить две нагрузки различной мощности (N_1 и N_2): на велоэргометре или восхождение на ступеньку продолжительностью 5 мин каждая с трехминутным перерывом. В конце каждой нагрузки определяют ЧСС (соответственно f_1 и f_2).

На основании полученных данных строят график, где на оси абсцисс откладывают мощность нагрузки (N_1 и N_2), на оси ординат — соответствующую ЧСС (рис. 3.1).

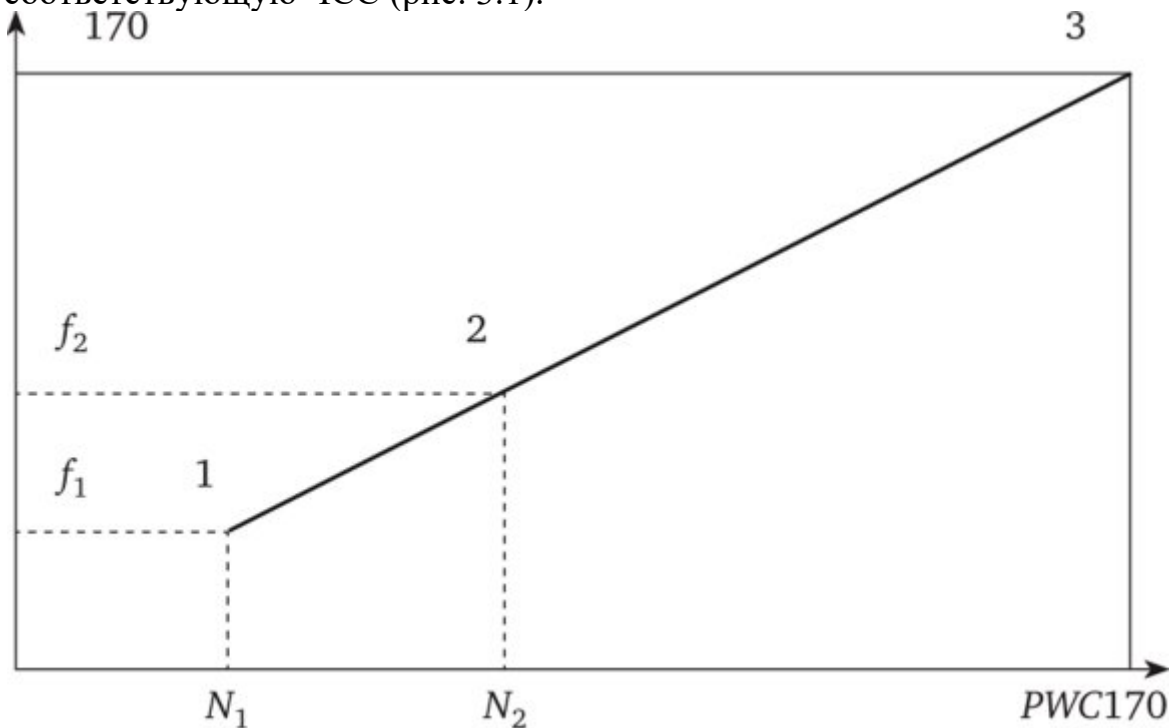


Рис. 3.1. График зависимости ЧСС от мощности нагрузки

На пересечении перпендикуляров, опущенных в соответствующие точки осей графика, находят координаты 1 и 2.

Учитывая, что между ЧСС и мощностью физической нагрузки имеется линейная зависимость, через координаты 1 и 2 проводят прямую до пересечения ее с перпендикуляром, восстановленным из точки ЧСС, соответствующей 170 уд/мин (координата 3). Из нее опускают перпендикуляр на ось абсцисс, получая таким образом значение мощности нагрузки при ЧСС, равной 170 уд/мин.

Для упрощения процедуры нахождения PWC170 предложена формула:

$$PWC170 = N_1 + (N_2 - N_1) \frac{170 - f_1}{f_2 - f_1},$$

где PWC170 — мощность физической нагрузки на велоэргометре (в кгм/мин), при которой ЧСС равна 170 уд/мин; N_1 и N_2 — мощности первой и второй нагрузок (в кгм/мин) и f_1 и f_2 — ЧСС в конце первой и второй нагрузок.

Методика проведения теста PWC170. В начале исследования собирается спортивный анамнез. Регистрируется наличие или отсутствие жалоб на состояние здоровья. При наличии жалоб спортсменов к испытанию не допускают. В ситуации, вызывающей сомнение, можно провести либо пробу с двадцатью приседаниями, либо ортостатическую. При наличии нормальной физиологической реакции приступают к проведению теста PWC170.

Определение PWC170 с помощью велоэргометрии. Высота седла должна соответствовать росту. Частота педалирования — 60 об/мин. Время работы на каждой ступени — 5 мин. Между 1-й и 2-й ступенями нагрузки дается отдых 3 мин. Мощность первой нагрузки рассчитывают с учетом массы тела спортсмена. Для этого следует использовать таблицу, предложенную З. Б. Белоцерковским (табл. 3.3).

После выполнения первой нагрузки испытуемый, сидя на велоэргометре, отдыхает 3 мин. Затем ему предлагают выполнить вторую, более интенсивную нагрузку, выбор которой в значительной мере определяет точность экстраполяционного определения PWC170. Очевидно, что чем ближе будет ЧСС во время второй нагрузки к величине 170 уд/мин, тем точнее будет определена PWC170. При этом оптимальную мощность второй нагрузки можно подобрать на основании данных о ЧСС во время первой нагрузки (табл. 3.2).

Мощность первой нагрузки, рекомендуемая для определения у спортсменов с различной массой тела

Масса тела, кг	Мощность первой нагрузки, кгм/мин
59 и менее	300
60—64	400
65—69	500
70—74	600
75—79	700
80 и более	800

Таблица 3.3

Ориентировочные значения мощности второй нагрузки (кгм/мин), рекомендуемые при определении PWC170 (по З. Б. Белоцерковскому)

Мощность работы при первой нагрузке, кгм/мин (АО)	Мощность работы при второй нагрузке (кгм/мин) (N_2)
	ЧСС при N уд/мин

	80— 89	90— 99	100— 109	110— 119	120— 129
400	1100	1000	900	800	700
500	1200	1100	1000	900	800
600	1300	1200	1100	1000	900
700	1400	1300	1200	1100	1000
800	1500	1400	1300	1200	1100

Пример расчета. Спортсмен весит 70 кг, таким образом, в соответствии с табл. 3.2 мощность первой нагрузки считается равной 600 кгм/мин. При ее выполнении в течение 5 мин. ЧСС у спортсмена достигла 110 удар/мин. Исходя из этого, в соответствии с данными в табл. 3.3, мощность второй нагрузки принимается равной 1000 кгм/мин. Продолжительность ее равна 5 мин. Вся процедура занимает 13 мин.

Преимуществами теста PWC170 в сравнении с Гарвардским степ-тестом и пробой Летунова являются следующие его особенности:

- данные PWC170 выражены в абсолютных единицах кгм/ мин;
- задаваемые нагрузки при проведении PWC170 (N1 и N2) далеки от предельных, поэтому их выполнение не представляет больших трудностей и абсолютно безопасно для испытуемых.

Оценка результатов. У здоровых молодых тренированных мужчин величины PWC170 колеблются в пределах 700— 1100 кгм/мин, у женщин — 450—750 кгм/мин.

Относительная величина PWC170 (на кг массы тела) у тренированных мужчин — 15,5 кгм/мин/кг, у тренированных женщин — 10,5 кгм/мин/кг.

У высокотренированных спортсменов абсолютные величины могут достигать 2500 кгм/мин, а относительные — 30 кгм/ мин/кг.

Тест PWC170 может быть использован и в отношении начинающих юных спортсменов, так как практически безопасен.

Определение PWC-170 с помощью ступеньки. Величину работы, выполняемой при подъеме на ступеньку, рассчитывают по формуле:

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

где P — масса; n — количество восхождений; h — высота ступеньки; 1,3 — коэффициент, учитывающий работу при спуске со ступеньки.

Высота ступеньки определяется индивидуально с помощью номограммы Хеттингера в зависимости от длины ног.

Зная необходимую величину первой нагрузки (6 кгм/мин/ кг), массу тела и высоту ступеньки, рассчитываем число подъемов в минуту.

Например: P школьника — 40 кг, N_1 — 6 x 40 = 240 кгм/ мин, h (по номограмме) — 30 см (0,3 м). Следовательно, количество подъемов = $240/(40 \times 0,3) = 20$.

Так же рассчитывают количество восхождений при второй нагрузке.

У детей младшего школьного возраста, у ослабленных школьников, реконвалесцентов определяют уровень физической работоспособности при ЧСС 150 ударов в минуту (PWC150). В этих случаях дается меньшая по мощности вторая нагрузка (9 кгм/ мин на 1 кг массы тела, а не 12).

При необходимости величину PWC170 можно пересчитать в показатели МПК, для чего пользуются таблицей (В. Л. Карпман, 1974).

Интегральным показателем функционального состояния организма и его физической работоспособности является величина максимальной аэробной производительности (величина максимального потребления кислорода — МПК).

Определение МПК. Косвенный метод. Этот метод основан на факте линейной зависимости увеличения ЧСС от интенсивности физической нагрузки и тесной связи между ЧСС и величиной потребления O_2 (P. Astrand, I. Rhynning). Авторы предложили номограмму, которая позволяет, зная массу тела (P) обследуемого, величину нагрузки и пульса при ней, косвенно определять МПК, хотя нагрузка была не максимальной, а средней интенсивности.

Таблица 3.4

Пересчет величины PWC170 в показатели МПК

PWC170 кгм /мин	МПК л/мин	PWC170 кгм/мин	МПК л/мин
500	2,62	1400	4,13
600	2,66	1500	4,37
700	2,72	1600	4,62
800	2,82	1700	4,83
900	2,97	1800	5,06
1000	3,15	1900	5,19
1100	3,38	2000	5,32
1200	3,60	2100	5,43
1300	3,88	—	—