

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«ВОЛГОГРАДСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
АКАДЕМИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ»**

Кафедра анатомии и физиологии

Научно-исследовательский комплекс

СПИРОЭРГОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Волгоград 2012

Методы исследования общей физической подготовленности

Измерение веса тела осуществлялось при помощи медицинских весов с точностью до 10 г. Испытуемые вставали на середину подвижной платформы весов без обуви и лишней одежды и находились в положении основной стойки до полной фиксации ее веса (В.М.Зациорский, 1979; С.Н.Кучкин, В.М.Ченегин, 1981, 1998);

Измерение длины тела (роста) производилось станковым ростомером в положении стоя от верхушечной точки до опоры. При измерении испытуемые принимали положение основной стойки. При этом тело должно было быть свободно выпрямлено, ноги прямые, пятки вместе, носки врозь, руки опущены вдоль туловища (С.Н.Кучкин, В.М.Ченегин, 1981, 1998; Ж.Е.Фирилева, 1981).

Кистевая динамометрия (сила правой руки) - определялась посредством ручного динамометра. Испытуемые захватывали динамометр между пальцами и ладонью у основания большого пальца, отводили руку в сторону и с максимальной силой сжимали динамометр. Осуществлялось три попытки, регистрировался лучший результат. Результат фиксировался в килограммах. (А.И.Шамардин, 1979, 1994; В.Ю.Давыдов и др., 1992);

Определение уровня физической работоспособности (PWC₁₇₀). Физическая работоспособность определялась в двух одномоментных пятиминутных велоэргометрических нагрузках по принципам проведения теста PWC₁₇₀ (В.Л.Карпман и др., 1974, 1977; З.Б.Белоцерковский, О.В.Козырева, 1984).

В процессе выполнения этого теста испытуемый выполнял две 5-минутные велоэргометрические нагрузки, различающиеся по мощности. Первая индивидуально подбиралась таким образом, чтобы ЧСС находилась в диапазоне 120-140 уд/мин, вторая выполнялась при ЧСС 150-170 уд/мин. Между нагрузками испытуемый отдыхал 5 минут. На последней минуте первой и второй нагрузки регистрировалась частота сердечных сокращений в 1 минуту - f_1 и f_2 .

После проведения тестирования по формуле, предложенной В.Л. Карпманом и др. (1974), рассчитывается показатель PWC₁₇₀:

$$PWC_{170} = W_1 + (W_2 - W_1) \cdot \frac{170 - f_1}{f_2 - f_1},$$

где W_1 и W_2 - мощность первой и второй нагрузок, f_1 и f_2 – частота сердечных сокращений соответственно при первой и второй нагрузках.

Тест PWC₁₇₀ с участием юных спортсменов проводился в модификации Л.И.Абросимовой, В.Е.Карасик (1977). При этом использовалась одна нагрузка, при которой ЧСС при работе была не менее 130 уд/мин. Вначале регистрировалась величина ЧСС в условиях покоя, затем выполнялась мышечная нагрузка в течении 3 минут в виде на шагивания на ступеньку при

ЧСС равной 130 или несколько более уд/мин. Величина физической работоспособности рассчитывалась по формуле:

$$PWC_{170} = W \cdot \frac{170 - f_1}{f_2 - f_1},$$

где f_1 - ЧСС в покое, f_2 - ЧСС при нагрузке, W - мощность нагрузки;

Косвенное определение максимального потребления кислорода (МПК). Максимальное потребление кислорода рассчитывалось по показателю PWC_{170} у представителей циклических видов спорта по формуле, предложенной В.Л.Карпманом и др. (1974):

$$МПК = 2,2 \cdot PWC_{170} + 1070,$$

У представителей ациклических видов спорта по формуле:

$$МПК = 1,7 \cdot PWC_{170} + 1240.$$

Прямое определение максимального потребления кислорода (МПК). При прямом определении МПК испытуемый, после предварительной разминки, совершал работу, мощность которой трижды ступенчатообразно возрастала (I.Astrand, 1960; С.Н.Кучкин, В.М.Ченегин, 1981). Третья ступень предусматривала максимальную нагрузку, на которой производился газоанализ выдыхаемого воздуха и регистрация уровня легочной вентиляции. Газоанализ осуществлялся при помощи метаболографов «Spirolyt-II» (ГДР) и "Ergo-oxyscreen (Jaeger)" (Германия).

Определение максимальной мощности физической нагрузки (W). Физические нагрузки задавались в виде нашагиваний на ступеньку (в этом случае мощность нагрузки рассчитывалась по стандартной методике, используя формулу: $W = 1,3 \cdot P \cdot B \cdot n$, где 1,3 – коэффициент, P – масса тела обследуемого, B – высота ступеньки, “ n ” – число нашагиваний на ступеньку в минуту, (С.Н.Кучкин, В.М.Ченегин, 1998) и при работе на велоэргометре (в этом случае мощность рассчитывалась согласно инструкции, прилагаемой к эргометру).

Расчет экономичности выполнения физической нагрузки – «ватт-пульс» (W/ЧСС). Показатель “ватт-пульс” рассчитывался как отношение мощности нагрузки (W) к частоте сердечных сокращений (ЧСС) (В.С.Мищенко, 1980).

Кислородный пульс (КП). Показатель кислородного пульса рассчитывался как отношение объема потребления кислорода (ПК) к частоте сердечных сокращений (ЧСС), который рассматривался как показатель

экономичности и эффективности системы снабжения организма кислородом (С.Н.Кучкин, В.М.Ченегин, 1981; М.М.Marbut, А.Ј.Wade, 1988).

Измерение жизненной емкости легких (ЖЕЛ). ЖЕЛ – максимальное количество воздуха, которое можно выдохнуть после максимального вдоха. Измерение ЖЕЛ производилось посредством сухого спирометра СП-1, предварительно протарированного по водному спирометру. Испытуемым объяснялась процедура, давалась инструкция перед измерением сделать два-три глубоких вдоха. После этого испытуемые имели возможность совершить две-три пробные попытки. После этого испытуемые выполняли тоекратное измерение ЖЕЛ, учитывалась наибольшая величина (С.Н.Кучкин, С.А.Бакулин, 1985). Полученная фактическая величина приводилась к условиям ВTPS. В процессе педагогического эксперимента определение жизненной емкости легких осуществлялось при помощи электронного спирометра "Spirosift-3000 (Fukuda, Япония).

Измерение максимальной вентилиции легких (МВЛ). Для определения МВЛ осуществлялось спирометрическое исследование у испытуемых, которым предлагалось производить форсированную гипервентиляцию с максимально возможной частотой и глубиной дыхания. Определение МВЛ осуществлялось по общепринятой методике со сбором выдыхаемого воздуха в мешки Дугласа и последующим измерением его объема (С.Н.Кучкин, В.М.Ченегин, 1981; И.Н.Солопов, С.А.Бакулин, 1996). В некоторых случаях тест на МВЛ осуществлялся при помощи электронного спирометра "Spirosift-3000 (Fukuda, Япония).

Определение частоты сердечных сокращений (ЧССпокоя и ЧССmax). Частоту сердечных сокращений измеряли в условиях покоя в положении сидя пальпаторным методом или при помощи записи электрокардиограммы. Измерение проводилось не менее трех раз, до стабилизации показателя ЧСС; ЧСС max – измеряли в момент выполнения максимальной мышечной нагрузки при определении МПК посредством регистрации электрокардиограммы (по интервалу R – R).

Методы оценки функционального состояния

1. Измерение жизненной емкости легких (ЖЕЛ) — максимального количества воздуха, которое можно выдохнуть после максимального вдоха. Измерение ЖЕЛ (в мл) производилось посредством прибора «Spiroshift-3000». Кроме абсолютной величины ЖЕЛ определялись составляющие этого показателя – резервные объемы вдоха и выдоха (Ровд, Ровыд), а также величина дыхательного объема (ДО). Испытуемым объяснялась процедура, давалась инструкция перед измерением сделать два-три глубоких вдоха. Сначала испытуемым предоставлялась возможность совершить две-три пробные попытки. После этого обследуемые выполняли троекратное измерение ЖЕЛ, при этом учитывалась наибольшая величина (С.Н.Кучкин, В.М.Ченегин, 1981). Полученная при обследовании величина ЖЕЛ называется фактической (ФЖЕЛ). Ее величина измеряется в литрах или миллилитрах и сравнивается с величиной должной ЖЕЛ (ДЖЕЛ). Для определения ДЖЕЛ нами использовались следующие формулы:

а) для мальчиков в л.: $4,53 \times \text{рост (м)} - 3,9$ (Ширяева, Марков, 1973);

б) для девочек в л.: $3,75 \times \text{рост (м)} - 3,15$ (Ширяева, Марков, 1973).

С ростом функциональной подготовленности дыхательной системы соотношение ФЖЕЛ/ДЖЕЛ (%) увеличивается.

2. Вычисление жизненного индекса (ЖИ). Этот показатель вычисляется путем деления ФЖЕЛ (мл) на вес испытуемого (кг). Рост данного показателя свидетельствует о повышении функциональной подготовленности организма обследуемого (С.Н. Кучкин, 1994; С.Н. Кучкин, В.М. Ченегин, 1998);

3. Максимальная вентиляция легких (МВЛ) – это наибольший объем воздуха, вентилируемый легкими за 1 минуту (л/мин) при максимально частом и глубоком произвольном дыхании. Определяется при дыхании в течение 15 с. В наших исследованиях МВЛ определялась при помощи прибора «Spiroshift-3000». МВЛ является показателем резервных возможностей дыхательной системы и характеризует механику дыхания, а также отражает как силу дыхательных мышц, так и легочные факторы: растяжимость легких, сопротивление дыхательному потоку и зависит от сопротивления грудной клетки. Все объемные показатели внешнего дыхания приводились к условиям VTPS (С.Н. Кучкин, В.М. Ченегин, 1998).

4. Пневмоманометрия —измерение силы дыхательных мышц на вдохе и выдохе (ПМ_{вд.} и ПМ_{выд.}). Измерение силы дыхательных мышц производилось в изометрическом режиме при помощи пневмоманометра в модификации С.Н. Кучкина (1980), в мм рт.ст.

После предварительной инструкции и пробных попыток обследуемые должны создать максимальное давление посредством сокращения инспираторной или экспираторной мускулатуры, соответственно на вдохе или выдохе.

Нами также измерялось время удержания усилия в 50% от максимума

$PM_{вд.}$ и $PM_{выд.}$ (Т 50% ПМ). Этот показатель отражает выносливость дыхательной мускулатуры и тоже характеризует резервы мощности дыхания (измеряется в с).

5. Пневмотахометрия - измерение максимальной объемной скорости дыхательных потоков на вдохе и выдохе ($PT_{вд.}$ и $PT_{выд.}$). При помощи пневмотахометрического метода определяется объемная скорость воздушных потоков при максимально быстром вдохе и выдохе. Определение пневмотахометрических показателей проводилось с использованием пневмотахометра Вотчала (С.Н. Кучкин, В.М. Ченегин, 1981, 1998). Тумблер прибора ставится на вдох. Испытуемый выдыхает воздух, делает паузу 1-2 с, а затем мощно вдыхает в трубку. Для детей устанавливается трубка диаметром 20 мм и показания снимаются с внутренней шкалы. При выполнении выдоха тумблер прибора переключается на выдох, испытуемый вдыхает, задерживает дыхание, а затем выполняет мощный выдох в трубку. Делается по 3 попытки и регистрируются лучшие (измеряется в л/с).

6. Проба Штанге - задержка дыхания на вдохе. Испытуемый задерживал дыхание, на сколько это возможно, после субмаксимального вдоха. Регистрировалось время задержки дыхания в секундах.

7. Проба Генчи - задержка дыхания на выдохе. Испытуемый задерживал дыхание, на сколько это возможно, после обычного выдоха. Регистрировалось время задержки дыхания в секундах.

8. Косвенное определение максимального потребления кислорода. Определение уровня МПК производилось по методике, предложенной А.А.Гуминским с соавт. (1984). Обследуемый совершал восхождение и спуск со скамейки в темпе 20 шаговых циклов в минуту (под метроном) в течении 4-х минут. В конце 4-й минуты (в устойчивом состоянии) у обследуемого определялась частота пульса (пальпаторно). Мощность работы (W) определялась по формуле: $W = P \cdot h \cdot n \cdot K$, где

W – мощность работы (кгм/мин);

P – масса тела испытуемого (кг);

h – высота скамейки (м) (рекомендуется 0,35 м);

K – коэффициент подъема и спуска (табл. 1).

МПК определялась по формуле: $МПК = A \cdot \sqrt{\frac{W}{H-h}} \cdot B$, где

A – эмпирическая поправка к формуле (табл. 3);

W – мощность работы;

H – пульс в конце 4-й минуты работы;

h – возрастно-половая поправка к коэффициенту (табл. 3);

B – возрастной коэффициент (табл. 2).

Таблица 1**Поправочный коэффициент «К» для определения мощности работы в степ-тесте**

Пол	В о з р а с т (лет)		
	8 – 12	13 – 14	15 – 16
Мальчики	1, 2	1, 3	1, 4
Девочки	1, 2	1,3	1, 3

Таблица 2**Возрастные коэффициенты (В) для детей разного возраста**

Возраст	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Коэффициент	0,931	0,922	0,914	0,907	0,900	0,891	0,883	0,878	0,868

Определив МПК по формуле, вычислялось относительное МПК путем деления абсолютного показателя на вес обследуемого.

Зная МПК/вес, по таблице определялся уровень физической работоспособности школьника (табл. 4).

Таблица 3**Возрастные коэффициенты А и h для расчета МПК**

Возраст (лет)	Поправка А		Поправка h	
	мальчики	Девочки	мальчики	девочки
8	1, 05	0, 80	-30	-30
9	1, 11	0, 85	-30	-30
10	1, 11	0, 95	-30	-30
11	1, 15	0, 95	-40	-30

Таблица 4

Оценка уровня физической работоспособности по показателям МПК

МПК/вес (мл/мин/кг)		О ц е н к а
мальчики	девочки	
55 – 60	45 – 50	Отлично
50 – 54	40 – 44	Хорошо
45 – 49	35 – 39	Удовлетворительно
44 и ниже	34 и ниже	Неудовлетворительно

9. Физическая работоспособность (PWC₁₇₀). Определение физической работоспособности производилось в модифицированном степ-тесте (по И.А. Корниенко с соавт., 1978). В качестве разминки выполнялось трехминутное нашагивание на скамейку высотой 30 см в темпе 16 подъемов в минуту. Основная попытка делалась через 3 минуты отдыха в темпе 25 подъемов в минуту в течение 3-х минут. ЧСС регистрировалась до нагрузки и сразу после второй нагрузки. Величина физической работоспособности рассчитывается по формуле:

$$PWC_{170} = W \cdot \frac{170 - f_1}{f_2 - f_1}, \text{ где}$$

W – мощность работы (кгм/мин);

f₁ – ЧСС до нагрузки;

f₂ – ЧСС после нагрузки.

Мощность работы (**W**) определялась по формуле: **W = P · h · n · K**, где

P – масса тела испытуемого (кг);

h – высота скамейки (0,30 м);

K – коэффициент подъема и спуска (1,2).

10. Определение частоты сердечных сокращений (ЧСС). Частота сердечных сокращений измерялась в условиях покоя в положении сидя пальпаторным методом. Измерение проводилось не менее трех раз, до стабилизации показателя ЧСС;

11. Измерение величины артериального давления (АД). Измерение артериального давления осуществлялось в условиях покоя манжеточным методом Короткова в положении сидя не менее трех раз;

12. Вегетативный индекс Кардю (ВИ) – это один из наиболее простых и в то же время информативных показателей информационно-тонического компонента системы вегетативного обеспечения. Вычислялся он по значениям ЧСС и диастолического АД (ДД) по формуле:

$$VI = (1 - ДД/ЧСС) \times 100$$

VI отражает вегетативный тонус, с ростом функциональной подготовленности ССС этот индекс снижается, указывая на усиление парасимпатических влияний.

13. Коэффициент выносливости (КВ) сердечно-сосудистой системы. Тест представляет собой интегральную величину, объединяющую ЧСС, систолическое и диастолическое давление. Расчет производился по следующей формуле:

$$KB = (ЧСС \times 10) / \text{пульсовое давление.}$$

Исследования вышеописанных показателей проводились совместно с медперсоналом учебного заведения в ходе обязательных медицинских осмотров, проводимых два раза в течение учебного года.

14. Проба Ромберга. Испытуемые вставали на правую (левую) ногу, левая (правая) нога при этом сгибается вперед, прижимая стопу к коленному суставу правой (левой) ноги, носок оттянут, руки вперед. По команде испытуемые закрывали глаза и удерживали в этом положении равновесие. Учитывалось время удержания равновесия в секундах - не сходя с места и не меняя позы (А.Г.Биленко и др., 1986, В.Ю. Давыдов и др., 1993; С.Н. Кучкин, 1994;).

Методы исследования дыхательной функции

Изучение способности человека воспринимать величину и изменение различных параметров собственного дыхательного акта производили методом активного воспроизведения заданных величин того или иного параметра.

Исследуемые показатели:

1. Дыхательный объем (глубина дыхания, VT)
2. Количество дыхательных циклов в 1 мин (частота дыхания, fb в покое)

В качестве точки отсчета ("эталоны") при оценке и воспроизведении дыхательных параметров, использовались либо максимальная величина исследуемого параметра, либо его величина в условиях нормального дыхания в покое, или оба этих эталона вместе.

Активное воспроизведение заданных величин параметров дыхательной функции осуществлялось в условиях свободного дыхания в покое. При использовании в качестве "эталоны" максимальных значений параметров для воспроизведения предлагались величины параметров, равные 25, 50, 75% от эталона. В случае если в качестве "эталоны" использовались значения параметра в условиях покоя, для воспроизведения предлагались величины параметров равные 50, 150, 200% от эталона (M.Katz-Salmon, 1983,1984; J. Fox et al., 1986; И.Н. Солопов, 1998).

Воспроизведение заданных величин дыхательных параметров осуществлялось не менее 3 раз, при предъявлении заданий в рандомизированном порядке. Результаты воспроизведения испытуемым не

сообщались. Точность воспроизведения заданных величин параметров определялось по величине относительной ошибки воспроизведения, рассчитываемой как отклонение воспроизведенной величины от заданной, выраженной в процентах и по величине взаимосвязи субъективно воспринимаемой величины параметра с объективным его изменением.

Измерение и регистрация величин дыхательного объема (VT) и частоты дыхания, (fb) проводилось при помощи электронного спирометра "SPIROSHIFT- 3000" производства фирмы "Fukuda Denshi Co. Ltd" (Япония), снабженного пневмотахометрической трубкой "Fleisch Pneumotach".

Определение функционального состояния дыхательной системы

1. Измерение жизненной емкости легких (ЖЕЛ) производилось посредством электронного спирометра "Spirosift-3000 (Fukuda, Япония) со стандартной регистрацией показателей (рис. 1). Испытуемым объяснялась процедура, давалась инструкция перед измерением сделать два-три глубоких вдоха-выдоха. После этого испытуемые имели возможность совершить две-три пробные попытки. Испытуемые выполняли троекратное измерение ЖЕЛ, учитывалась наибольшая величина (С.Н.Кучкин, С.А.Бакулин, 1985).

2. Измерение максимальной вентиляции легких (МВЛ). Для определения МВЛ осуществлялось спирометрическое исследование у испытуемых, которым предлагалось производить форсированную гипервентиляцию с максимально возможной частотой и глубиной дыхания. Определение МВЛ осуществлялось по общепринятой методике со сбором выдыхаемого воздуха в мешки Дугласа и последующим измерением его объема (С.Н.Кучкин, В.М.Ченегин, 1981; И.Н.Солопов, С.А.Бакулин, 1996). В некоторых случаях тест на МВЛ осуществлялся при помощи электронного спирометра "Spirosift-3000 (Fukuda, Япония).

3. Пневмоманометрия - измерение силы дыхательных мышц на вдохе и выдохе (ПМ вд. и ПМ выд.). Измерение силы дыхательных мышц производилось в изометрическом режиме при помощи пневмоманометра (рис. 2). После предварительной инструкции и пробных попыток обследуемые должны были создать максимальное давление посредством сокращения инспираторной или экспираторной мускулатуры, соответственно на вдохе или выдохе (Х.А.Изаксон, 1968; Т.Д.Кузнецова, Н.Б.Назарова, 1976; С.Н.Кучкин, В.М.Ченегин, 1981; Ю.М.Шапкайтц, 1980, 1984; И.Н.Солопов, А.П.Герасименко, 1998). Измерение осуществлялось трижды, учитывался наибольший показатель.

4. Определение статической выносливости дыхательных мышц (ТПМ вд. и ТПМ выд.) путем удержания 50% от максимальных показателей статической силы на вдохе и выдохе в течение возможно большего времени.

5. Определение динамической выносливости дыхательных мышц (50% МВЛ) осуществлялось при дыхании в режиме 50 % от МВЛ с использованием «Прибора биоуправления дыхательными параметрами» (И.Н.Солопов, 1999, 2004, рис. 3). С помощью этого прибора осуществлялось биоуправление уровнем легочной вентиляции. Для этого испытуемый по информации на специальных табло мог контролировать величину дыхательного объема и поддерживать его на уровне 50 % от зарегистрированной при определении максимальной вентиляции легких и частоте дыхания, которая задавалась метрономом.

6. Пневмотахометрия (ПТ вд. и ПТ выд.). - измерение максимальной объемной скорости дыхательных потоков на вдохе и выдохе. При помощи пневмотахометрического метода определяли объемную скорость воздушных потоков при максимально быстром вдохе и выдохе. Определение пневмотахометрических показателей проводили с использованием пневмотахометра Вотчала (Б.Е.Вотчал, Н.А.Магазаник, 1965; Т.Д.Кузнецова, Н.Б.Назарова, 1976; С.Н.Кучкин, В.М.Ченегин, 1981; Г.О.Бадалян, 1981; В.И.Дубровский, 1991).

Методика лабораторного обследования состояла из следующих последовательно выполнявшихся процедур: Спирометрическое исследование осуществлялось на приборе "Spirosift-3000 (Fukuda, Япония) со стандартной регистрацией показателей ЖЕЛ, дыхательных объемов, форсированной ЖЕЛ, максимальной вентиляции легких (МВЛ).

Состояние дыхательной мускулатуры специально исследовалось путем определения:

- показателей максимальной статической силы мышц на вдохе и выдохе (пневмоманометрические показатели в мм рт. ст.);
- показателей статической выносливости дыхательных мышц (в секундах) путем удержания 50% от максимальных показателей статической силы на вдохе и выдохе;
- показателя динамической выносливости дыхательных мышц при дыхании в режиме 50 % от МВЛ.

Работоспособность определялась в двух одномоментных пятиминутных велоэргометрических нагрузках по принципам проведения теста PWC₁₇₀ (В.Л.Карпман и др., 1972). В заключение теста всем испытуемым индивидуально задавалась еще одна нагрузка, с тем, чтобы вывести их на максимальное потребление кислорода (I.Astrand, 1960). В процессе тестирования производилась регистрация ЭКГ и всех параметров газового метаболизма на комбинированном приборе "Ergo-oxyscreen (Jaeger)".

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ

Определение максимальной аэробной производительности и максимальной мощности кратковременной работы

После определения уровня физической работоспособности испытуемым предлагалось увеличить мощность работы настолько это было возможно в течение 2-3 минут, что позволяло вывести их на уровень максимального потребления кислорода ($\dot{V}O_{2max}$) и определить максимальную мощность кратковременной работы (W_{max}).

В процессе тестирования производилась регистрация основных параметров внешнего дыхания и газового метаболизма посредством комбинированного прибора «Ergo-oxyscreen (Jaeger)», см. рис. 2.1.

Комплексный прибор «Ergo-oxyscreen (фирма Jaeger)» позволял непрерывно измерять и регистрировать ряд параметров дыхательной и сердечно-сосудистой систем организма в условиях покоя и при мышечных нагрузках.

Данный прибор состоит из нескольких блоков:

1. Дыхательная маска и система воздухопроводов со смесителем выдыхаемого воздуха;
2. Пневмотахометрический датчик (трубка Флейша);
3. Пневмотахометр, при помощи которого производится измерение величины дыхательного объема, частоты дыхания и легочной вентиляции (датчик - трубка Флейша);
4. Газоанализатор, посредством которого производится газоанализ выдыхаемого воздуха из смесительного мешка с определением процентного содержания углекислого газа и кислорода (CO_2 и O_2);
5. Кардиомонитор, позволяет измерять частоту сердечных сокращений (ЧСС) и визуально наблюдать кардиограмму;
6. Блок вычислений и регистрации производит первичную обработку и расчет 12 показателей каждые 30 секунд.

Производилось автоматическое измерение следующих показателей:

1. Минутный объем дыхания (л/мин);
2. Частота дыхания (цикл/мин);
3. Процент поглощения кислорода и процент выделения углекислого газа (%);
4. Частота сердечных сокращений (уд/мин);
5. Минутный объем потребления кислорода (л/мин) и минутный объем выделения углекислоты (л/мин);
6. Кислородный пульс (мл/уд/мин).

Определение функционального состояния дыхательной системы

Измерение жизненной емкости легких (ЖЕЛ) - максимального количества воздуха, которое можно выдохнуть после максимального вдоха. Измерение ЖЕЛ производилось посредством электронного спирометра "Spirosift-3000 (Fukuda, Япония) со стандартной регистрацией показателей. Испытуемым объяснялась процедура, давалась инструкция перед измерением

сделать два-три глубоких вдоха-выдоха. После этого испытуемые имели возможность совершить две-три пробные попытки. Испытуемые выполняли троекратное измерение ЖЕЛ, учитывалась наибольшая величина (С.Н.Кучкин, С.А.Бакулин, 1985).

Пневмоманометрия - измерение силы дыхательных мышц на вдохе и выдохе (СДМ вд. и СДМ выд.). Измерение силы дыхательных мышц производилось в изометрическом режиме при помощи пневмоманометра в модификации С.Н.Кучкина (1984), в мм рт.ст. После предварительной инструкции, и пробных попыток обследуемые должны были создать максимальное давление посредством сокращения инспираторной или экспираторной мускулатуры, соответственно на вдохе или выдохе (С.Н.Кучкин, В.М.Ченегин, 1981; Ю.М.Шапкайц, 1980, 1984; И.Н.Солопов, А.П.Герасименко, 1998). Измерение осуществлялось трижды, учитывался наибольший показатель.

Определение частоты сердечных сокращений ($ЧСС_{\text{покоя}}$, $ЧССВ_5$ и $ЧСС_{\text{max}}$)

Частоту сердечных сокращений в условиях покоя ($ЧСС_{\text{покоя}}$) измеряли в положении сидя электрокардиографическим методом (по интервалу R - R). Измерение проводилось не менее трех раз, до стабилизации показателя ЧСС.

$ЧСС_{\text{max}}$ - измеряли в момент выполнения максимальной мышечной нагрузки при определении МПК посредством регистрации электрокардиограммы

$ЧССВ_5$ - определяли на пятой минуте восстановительного периода после выполнения мышечных нагрузок.

Расчетным путем получали показатели скорости увеличения ЧСС при максимальной нагрузке относительно уровня покоя в % ($ЧСС_{\text{max}}/ЧСС_{\text{покоя}}$, %) и скорость снижения ЧСС к пятой минуте восстановления относительно уровня покоя ($ЧССВ_5/ЧСС_{\text{п}}$, %).

Показатель экономичности выполнения мышечной работы при максимальной мощности физической нагрузки - «ватт-пульс» ($W_{\text{max}}/ЧСС_{\text{max}}$)

Показатель «ватт-пульс» определялся при максимальной нагрузке и рассчитывался как отношение мощности нагрузки (W_{max}) к частоте сердечных сокращений ($ЧСС_{\text{max}}$) (В.С.Мищенко, 1980).

Кислородный пульс ($КП_{\text{max}} - VO_{2\text{max}}/ЧСС_{\text{max}}$). Показатель кислородного пульса рассчитывался как отношение объема потребления кислорода к частоте сердечных сокращений, который рассматривался как показатель экономичности и эффективности системы снабжения организма кислородом (С.Н.Кучки, В.М.Ченегин, 1981; М.М.Marbut, А.Ј.Wade, 1988).