

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Московский государственный университет путей сообщения»**

---

Институт экономики и финансов  
Кафедра «Физическая культура ИЭФ»

**Г.А. Духова**

**Методика определения и оценка функционального состояния  
сердечно-сосудистой системы**

Методические указания к практическим занятиям

Москва – 2014

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Московский государственный университет путей сообщения»**

---

Институт экономики и финансов  
Кафедра «Физическая культура ИЭФ»

**Г.А. Духова**

**Методика определения и оценка функционального состояния  
сердечно-сосудистой системы**

Рекомендовано редакционно-издательским советом  
университета в качестве методических указаний

для студентов всех специальностей ИЭФ

Москва – 2014

УДК 796

Д 85

Духова Г.А. Методика определения и оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы: Методические указания. – М.: МИИТ, 2014. – 25 с.

В данных методических указаниях излагаются вопросы определения и оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы у студентов на занятиях физической культуры. В работе даются рекомендации различных функциональных проб, для определения состояния сердечно-сосудистой системы, в зависимости от подготовленности студентов.

Методические указания могут быть использованы для теоретической и практической подготовки, как преподавателей, так и студентов учебных групп отделения общей физической подготовки, а так же для самостоятельных занятий.

© МИИТ, 2014

## **Оглавление**

Введение .....	4
1. МЕТОДЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ .....	5
2. ИССЛЕДОВАНИЕ НАЧАЛЬНЫХ И КОНЕЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТЕСТОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ .....	10
3. РАСЧЕТНЫЙ ИНДЕКС АДАПТАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА СЕРДЕЧНО–СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ .....	16
4. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЫ ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ИЭФ .....	17
Литература .....	24

## **Введение**

Важным звеном учебной программы по дисциплине «Физическая культура» является контрольный раздел. Он предусматривает выполнение студентами тестов, которые определяют развитие физических качеств.

На кафедре «Физическая культура ИЭФ» мы проводим тестирование студентов в конце каждого семестра. В нечетном семестре проводится функциональная проба с 20 приседаниями, а в четном семестре тест Купера.

И можно сделать вывод о том, что существует связь между результатами функциональной пробы и результатами теста Купера. Чем выше оценка функциональной пробы, тем лучше показатели теста Купера. Функциональные пробы помогают судить о правильности физических нагрузок и тренировок. Можно сделать вывод, что все методики определения функционального состояния сердечно-сосудистой системы очень важны и используются в современном мире для оценки состояния здоровья человека.

## **1. МЕТОДЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ**

### **Исследование первичных показателей.**

#### **Оценка степени напряжения регуляторных механизмов:**

- подсчет пульса;
- измерение АД: диастолическое, систолическое, пульсовое, среднединамическое, минутный объем крови, периферическое сопротивление;

#### **Исследование начальных и конечных показателей при проведении тестовых воздействий:**

- Проба Мартинета - оценка способности к восстановлению после физ. нагрузки;
- Проба с приседанием - характеристика функциональной полноценности сердечно-сосудистой системы;
- Проба Флака - позволяет оценить функцию сердечной мышцы;
- Проба Руфье - переносимость динамической нагрузки; коэффициент выносливости);

#### **Оценка вегетативного статуса:**

- Индекс Кердо - степень влияния на сердечно-сосудистую систему вегетативной нервной системы;
- Активная ортопроба - уровень вегетативно-сосудистой устойчивости;
- Ортостатическая проба - служит для характеристики функциональной полноценности рефлекторных механизмов регуляции гемодинамики и оценки возбудимости центров симпатической иннервации;
- Глазосердечная проба - используется для определения возбудимости парасимпатических центров регуляции сердечного ритма;
- Клиностатическая проба - характеризует возбудимость центров парасимпатической иннервации.

#### **Расчётный индекс адаптационного потенциала сердечно-сосудистой системы.**

- Индекс Р.М. Баевского и соавт., 1987.

### **Исследование первичных показателей**

#### **Оценка степени напряжения регуляторных механизмов:**

- Подсчет пульса;
- Измерение АД: диастолическое, систолическое, пульсовое, среднединамическое, минутный объем крови, периферическое сопротивление;

- Подсчет пульса. Показатель нормы: 60 – 80 уд. в мин.

### Диастолическое или минимальное давление (ДД).

Его высота в основном определяется степенью проходимости прекапилляров, частотой сердечных сокращений и степенью эластичности кровеносных сосудов. ДД тем выше, чем больше сопротивление прекапилляров, чем ниже эластическое сопротивление крупных сосудов и чем больше ЧСС. В норме у здорового человека ДД равно 60—80 мм рт. ст. После нагрузок и различного рода воздействий ДД не меняется или несколько понижается (до 10 мм рт. ст.). Резкое снижение уровня диастолического давления во время работы или, напротив, его повышение и медленный (более 2 мин) возврат к исходным значениям расценивается как неблагоприятный симптом. Показатель нормы: 60 – 89 мм. рт. ст.

### Систолическое, или максимальное давление (СД).

Это весь запас энергии, которым фактически обладает струя крови в данном участке сосудистого русла. Лабильность систолического давления зависит от сократительной функции миокарда, систолического объема сердца, состояния эластичности сосудистой стенки, гемодинамического удара и ЧСС. В норме у здорового человека СД колеблется от 100 до 120 мм рт. ст. При нагрузке СД увеличивается на 20—80 мм рт. ст., а после ее прекращения возвращается к исходному уровню в течение 2—3 мин. Медленное восстановление исходных значений СД рассматривается как свидетельство недостаточности сердечно-сосудистой системы. Показатель нормы: 110-139 мм. рт. ст.

При оценке изменений систолического давления под влиянием нагрузки сопоставляют полученные сдвиги максимального давления и частоты сердечных сокращений с этими же показателями в покое:

(1)

СД	=	СДр - СДп	x	100%
		СДп		

(2)

ЧСС	=	ЧССр - ЧССп	:	100%
		ЧССп		

где СДр, ЧССр—систолическое давление и частота сердечных сокращений при работе; СДп, ЧССп — те же показатели в покое.

Такое сопоставление позволяет охарактеризовать состояние сердечно-сосудистой регуляции. В норме она осуществляется за счет изменений давления (1 больше 2), при сердечной недостаточности регуляция идет за счет увеличения ЧСС (2 больше 1).

**Пульсовое давление (ПД).**

В норме у здорового человека составляет около 25—30% величины минимального давления. Механокардиография позволяет определить истинную величину ПД, равную разности между боковым и минимальным давлением. При определении ПД с помощью аппарата Рива-Роччи оно оказывается несколько завышенным, так как в этом случае его величина вычисляется вычитанием из максимального давления величины минимального (ПД = СД - ДД).

**Среднединамическое давление (СДД).**

Является показателем согласованности регуляции сердечного выброса и периферического сопротивления. В комплексе с другими параметрами дает возможность определять состояние прекапиллярного русла. В случаях, когда определение АД осуществляется по Н. С. Короткову, СДД можно рассчитать по формулам:

(1)

СДД	=	ПД	+	ДД
		3		

(2)

$$\text{СДД} = \text{ДД} + 0,42 \times \text{ПД}.$$

Величина СДД, рассчитанная по формуле (2), несколько выше. Показатель нормы: 75-85 мм. рт. ст.

**Минутный объем крови (МО).**

Это количество крови, перекачиваемое сердцем за минуту. По МО судят о механической функции миокарда, которая отражает состояние системы кровообращения. Величина МО зависит от возраста, пола, массы тела, температуры окружающего воздуха, интенсивности физической нагрузки. Показатель нормы: 3.5 – 5.0 л.

Норма МО для состояния покоя имеет довольно широкий диапазон и существенно зависит от методики определения:

Наиболее простой способ определения МО, позволяющий ориентировочно определить его величину, — определение МО по формуле Старра:

$$\text{СО} = 90,97 + 0,54 \times \text{ПД} - 0,57 \times \text{ДД} - 0,61\text{В};$$

$$\text{МО} = \text{СО} \cdot \text{ЧСС}$$



где СО - систолический объем крови, Мл; ПД - пульсовое давление, мм рт. ст.; ДД - минимальное давление, мм рт. ст.; В - возраст, в годах.

Лильетранд и Цандер предложили формулу расчета МО, основанную на вычислении так называемого редуцированного давления. Для этого сначала определяют СДД по формуле:

СДД	=	СД+ДД
		2

затем вычисляется величина РАД:

РАД	=	ПД x 100
		СДД

отсюда  $МО = РАД \times ЧСС$ .

В целях возможно, более объективной оценки наблюдаемых изменений МО можно также вычислить должный минутный объем:  $ДМО = 2,2 \times S$ , где 2,2 — сердечный индекс, л;

S — поверхность тела испытуемого, определяемая по формуле Дюбуа:

$$S = 71,84 M^{0,425} P^{0,725}$$

где M — масса тела, кг; P — рост, см;

или

ДМО	=	ДОО
		422

где ДОО — должный основной обмен, рассчитанный в соответствии с данными возраста, роста и массы тела по таблицам Гarris - Бенедикта.

Сопоставление МО и ДМО позволяет более точно охарактеризовать специфику функциональных изменений в сердечно-сосудистой системе, обусловленных воздействием различных факторов.

### **Периферическое сопротивление (ПС).**

Обуславливает постоянство среднединамического давления (или его отклонения от нормы). Рассчитывается по формулам:

ПС	=	СДД x 1330 x 60
		МО

где СДД—среднединамическое давление, мм рт. ст.;

1330 — коэффициент для перевода мм рт. ст. в динь;

60 — число с в мин.

ПС	= 3 х	СДД
		СИ

где СИ — сердечный индекс, равный в среднем  $2,2 \pm 0,3$  л/мин-м<sup>2</sup>.

Периферическое сопротивление выражается либо в условных единицах, либо в динах.

Показатель нормы: 30 - 50 усл. ед. Изменение ПС при работе отражает реакцию прекапиллярного русла, зависящую от объема циркулирующей крови.

## 2. ИССЛЕДОВАНИЕ НАЧАЛЬНЫХ И КОНЕЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТЕСТОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

### *Оценка функциональных резервов:*

– Проба Мартинета - оценка способности к восстановлению после физ. нагрузки;

– Проба с приседанием - характеристика функциональной полноценности сердечно-сосудистой системы;

– Проба Флака - позволяет оценить функцию сердечной мышцы;

– Проба Руфье - переносимость динамической нагрузки; коэффициент выносливости;

1. Проба Мартинета (упрощенная методика) используется при массовых исследованиях, позволяет оценивать способность сердечно-сосудистой системы к восстановлению после физической нагрузки. В качестве нагрузки в зависимости от контингента обследуемых могут применяться 20 приседаний за 30с и приседания в том же темпе в течение 2 мин. В первом случае период длится 3 мин., во втором — 5. Перед нагрузкой и спустя 3 (или 5) мин после ее окончания у испытуемого измеряется ЧСС, систолическое и диастолическое давление. Оценка пробы проводится по величине разности исследуемых показателей до и после нагрузки:

при разности не более 5 — «хорошо»;

при разности от 5 до 10 — «удовлетворительно»;

при разности более 10 — «неудовлетворительно».

2. Проба с приседанием. Служит для характеристики функциональной полноценности сердечно-сосудистой системы. Методика проведения: у человека до нагрузки двукратно подсчитывается ЧСС и АД. Затем обследуемый выполняет 15 приседаний за 30 с либо 60 — за 2 мин. Сразу по окончании нагрузки подсчитывают пульс и измеряют давление. Процедура повторяется через 2 мин. При хорошей физической подготовке обследуемого проба в том же темпе может быть продлена до 2 мин. Для оценки пробы применяют показатель качества реакции:

ПКР	=	ПД <sub>2</sub> – ПД <sub>1</sub>
		П <sub>2</sub> -П <sub>1</sub>

где ПД<sub>2</sub> и ПД<sub>1</sub>) — пульсовое давление до и после нагрузки; П<sub>2</sub> и П<sub>1</sub> — частота сердечных сокращений до и после нагрузки.

**3. Проба Флака.** Позволяет оценить функцию сердечной мышцы. Методика проведения: обследуемый в течение максимально возможного времени поддерживает в U-образной трубке ртутного манометра диаметром 4 мм давление 40 мм рт. ст. Проба проводится после форсированного вдоха при зажатом носе. Во время ее проведения каждые 5с определяется ЧСС.

Оценочным критерием является степень учащения пульса по отношению к исходному и продолжительность поддержания давления, которое у тренированных людей не превышает 40—50С. По степени учащения пульса за 5С различаются следующие реакции: не более 7 уд. — хорошая; до 9 уд. — удовлетворительная; до 10 уд. — неудовлетворительная.

До и после пробы у испытуемого измеряется АД. Нарушение функций сердечно-сосудистой системы ведет к снижению артериального давления иногда на 20 мм. рт. ст. и более. Оценка пробы производится по показателю качества реакции:

Пкр	=	СД <sub>1</sub> – СД <sub>2</sub>
		СД <sub>1</sub>

где СД<sub>1</sub> и СД<sub>2</sub> — систолическое давление исходное и после пробы.

При перегрузке сердечно-сосудистой системы значение ПКР превышает 0,10—0,25 отн. ед. системы.

#### 4. Проба Руфье (переносимость динамической нагрузки)

Обследуемый находится в положении стоя в течение 5 минут. За 15 секунд подсчитывается пульс /Р<sub>а</sub>/, после чего выполняется физическая нагрузка / 30 приседаний за минуту /. Повторно подсчитывается пульс за первые /Р<sub>б</sub>/ и последние /Р<sub>в</sub>/ 15 секунд первой минуты восстановления. При подсчете пульса обследуемый должен стоять. Вычисляемый показатель сердечной деятельности /ПСД/ является критерием оптимальности вегетативного обеспечения сердечно-сосудистой системы при выполнении физической нагрузки малой мощности

$$\text{ПСД} = \frac{4 \times (P_a + P_b + P_v) - 200}{10}$$

Трактовка пробы: при ПСД менее 5 проба выполнена на «отлично»;

при ПСД менее 10 проба выполнена на «хорошо»;

при ПСД менее 15 – «удовлетворительно»;

при ПСД более 15- «плохо».

Проведенные нами исследования, позволяют считать, что у здоровых обследуемых ПСД не превышает 12, а больные имеющие синдром нейроциркулярной дистонии, как правило, имеют ПСД более 15.

Таким образом, периодический контроль за ПСД дает врачу достаточно информативный критерий оценки адаптационного потенциала сердечно-сосудистой системы.

**5. Коэффициент выносливости.** Используется для оценки степени тренированности сердечно-сосудистой системы к выполнению физической нагрузки и определяется по формуле:

КВ	=	ЧСС x 10
		ПД

где ЧСС — частота сердечных сокращений, уд./мин;

ПД — пульсовое давление, мм рт. ст.

Показатель нормы: 12-15 усл. ед. (по некоторым авторам 16)

Увеличение КВ, связанное с уменьшением ПД, является показателем детренированности сердечно-сосудистой системы, уменьшение об утомлении.

### ОЦЕНКА ВЕГЕТАТИВНОГО СТАТУСА:

– Индекс Кердо - степень влияния на сердечно-сосудистую систему вегетативной нервной системы;

– Активная ортопроба - уровень вегетативно-сосудистой устойчивости;

– Ортостатическая проба - служит для характеристики функциональной полноценности рефлекторных механизмов регуляции гемодинамики и оценки возбудимости центров симпатической иннервации;

– Глазосердечная проба - используется для определения возбудимости парасимпатических центров регуляции сердечного ритма;

– Клиностатическая проба - характеризует возбудимость центров парасимпатической иннервации.

#### 1. Индекс Кердо (степень влияния на сердечно-сосудистую систему вегетативной нервной системы)

ВИ=	1 –	ДД	x	100	=
		ЧСС			

• ДД - диастолическое давление, мм.рт.ст.;

• ЧСС - частота сердечных сокращений, уд./мин.

Показатель нормы: от – 10 до + 10 %

Трактовка пробы: положительное значение - преобладании симпатических влияний, отрицательное значение - преобладание парасимпатических влияний.

#### 2. Активная ортопроба (уровень вегетативно-сосудистой устойчивости)

Проба относится к числу функциональных нагрузочных проб, позволяет оценить функциональные возможности сердечно-сосудистой системы, а также состояние ЦНС. Снижение переносимости ортостатических проб (активности и пассивной) часто наблюдается при ги-

потонических состояниях при заболеваниях, сопровождающихся вегетативно-сосудистой неустойчивостью, при астенических состояниях и переутомлении. Пробу следует проводить сразу после ночного сна. До начала пробы обследуемый должен 10 минут спокойно лежать на спине, без высокой подушки. По истечении 10 минут у обследуемого в положении лежа трижды подсчитывается частота пульса (счет в течение 15 с) и определяют величину артериального давления: максимального и минимального. После получения фоновых величин испытуемый быстро встает, принимает вертикальное положение и стоит в течение 5 минут. При этом ежеминутно (во второй половине каждой минуты) просчитывается частота и измеряется артериальное давление. Ортостатическая проба (ОИ» - ортостатический индекс) оценивается по формуле, предложенной Бурхардом-Киргофом.

$$\text{ОИ} = \frac{\text{АД макс. лежа} \times \text{АД мин. стоя}}{\text{АД макс. стоя} \times \text{АД мин. лежа}} \times \frac{\text{ЧП стоя}}{\text{ЧП лежа}} =$$

Трактовка пробы: в норме ортостатический индекс составляет 1,0 - 1,6 относительных единиц. При хроническом утомлении ОИ=1,7-1,9, при переутомлении ОИ=2 и более.

**3. Ортостатическая проба.** Служит для характеристики функциональной полноценности рефлекторных механизмов регуляции гемодинамики и оценки возбудимости центров симпатической иннервации.

У обследуемого после 5-минутного пребывания в положении лежа регистрируют частоту сердечных сокращений. Затем по команде обследуемый спокойно (без рывков) занимает положение стоя. Пульс подсчитывается на 1-й и 3-й минуте пребывания в вертикальном положении, кровяное давление определяется на 3-й и 5-й минуте. Оценка пробы может осуществляться только по пульсу или по пульсу и артериальному давлению.

<b>Оценка ортостатической пробы</b>			
<b>Показатели</b>	<b>Переносимость пробы</b>		
	<b>хорошая</b>	<b>удовлетворительная</b>	<b>неудовлетворительная</b>
Частота сердечных сокращений	Учащение не более чем на 11 уд.	Учащение на 12-18 уд.	Учащение на 19 уд. и более
Систолическое давление	Повышается	Не меняется	Снижается в пределах 5—10 мм рт. ст.
Диастолическое давление	Повышается	Не изменяется или не-сколько повышается	Повышается
Пульсовое давление	Повышается	Не изменяется	Снижается
Вегетативные реакции	Отсутствуют	Потливость	Потливость, шум в ушах

Возбудимость центров симпатической иннервации определяется по степени учащения пульса (СУП), а полноценность вегетативной регуляции по времени стабилизации пульса. В норме (у молодых лиц) пульс возвращается к исходным значениям на 3 минуте. Критерии оценки возбудимости симпатических звеньев по индексу СУП представлены в таблице.

<b>Возбудимость</b>	<b>Степень учащения пульса %</b>
<b>Нормальная:</b>	До 9,1
Слабая	9,2-18,4
Средняя	18,5-27,7
Живая	27,8-36,9
<b>Повышенная:</b>	37,0-46,2
	46,3-55,4
Слабая	55,5-64,6
Заметная	64,7 и более
Значительная	
Резкая	
Очень резкая	

**4. Глазосердечная проба.** Используется для определения возбудимости парасимпатических центров регуляции сердечного ритма. Проводится на фоне непрерывной регистрации ЭКГ, во время которой надавливают на глазные яблоки обследуемого в течение 15С (в направлении горизонтальной оси орбит). В норме надавливание на глазные яблоки вызывает замедление сердечного ритма. Учащение ритма трактуется как извращение рефлекса, протекающего по симпатикотоническому типу. Можно осуществить контроль за частотой сердечных сокращений пальпаторно. В этом случае пульс подсчитывается за 15С до проведения пробы и во время надавливания.

Оценка пробы:

урежение пульса на 4 - 12 уд. в мин – нормальная;

урежение пульса на 12 уд. в мин – резко усиленная;

урежения нет – ареактивная;

учащения нет – извращенная.

#### **5. Клиностатическая проба.**

Характеризует возбудимость центров парасимпатической иннервации.

Методика поведения: исследуемый плавно переходит из положения стоя в положение лежа.

Подсчитывают и сравнивают частоту пульса в вертикальном и горизонтальном положениях.

Клиностатическая проба в норме проявляется замедлением пульса на 2-8 уд.

#### **Оценка возбудимости центров парасимпатической иннервации**

<b>Возбудимость</b>	<b>Степень замедления пульса при клиновидной пробе, %</b>
<b>Нормальная:</b>	
слабая	До 6,1
средняя	6,2 - 12,3
живая	12,4 - 18,5
<b>Повышенная:</b>	
слабая	18,6 - 24,6
заметная	24,7 - 30,8
значительная	30,9 - 37,0
резкая	37,1 - 43,1
очень резкая	43,2 и более



### **3. Расчетный индекс адаптационного потенциала сердечно–сосудистой системы**

#### **1. Расчётный индекс адаптационного потенциала сердечно-сосудистой системы Р.М. Баевского и соавт.,1987.**

Распознавание функциональных состояний на основе анализа данных о вегетативном и миокардиально-гемодинамическом гомеостазе требует определенного опыта и знаний в области физиологии и клиники. Для того чтобы этот опыт сделать достоянием широкого круга врачей, был разработан ряд формул, позволяющих вычислять адаптационный потенциал системы кровообращения по заданному набору показателей с помощью уравнений множественной регрессии. Одна из наиболее простых формул, обеспечивающих точность распознавания 71,8% (по сравнению с экспертными оценками), основана на использовании наиболее простых и общедоступных методов исследования - измерения частоты пульса и уровня артериального давления, роста и массы тела:

$$\text{АП} = 0.0011(\text{ЧП}) + 0.014(\text{САД}) + 0.008(\text{ДАД}) + 0.009(\text{МТ}) - 0.009(\text{Р}) + 0.014(\text{В}) - 0.27;$$

где **АП** - адаптационный потенциал системы кровообращения в баллах, **ЧП** - частота пульса (уд/мин); **САД** и **ДАД** - систолическое и диастолическое артериальное давление (мм рт.ст.); **Р** - рост (см); **МТ** - масса тела (кг); **В** - возраст (лет).

По значениям адаптационного потенциала определяется функциональное состояние пациента:

Трактовка пробы: ниже 2.6 - удовлетворительная адаптация;

– 2.6 - 3.9 - напряжение механизмов адаптации;

– 3.10 - 3.49 - неудовлетворительная адаптация;

– 3.5 и выше - срыв адаптации.

Снижение адаптационного потенциала сопровождается некоторым смещением показателей миокардиально-гемодинамического гомеостаза в пределах своих так называемых нормальных значений, возрастает напряжение регуляторных систем, увеличивается "плата за адаптацию". Срыв адаптации как результат перенапряжения и истощения механизмов регуляции у лиц старшего возраста отличается резким падением резервных возможностей сердца, в то время как в молодом возрасте при этом наблюдаются даже увеличение уровня функционирования системы кровообращения.

#### **Другие методы**

**Определение типа саморегуляции кровообращения** дает возможность оценивать уровень напряжения в регуляции сердечно-сосудистой системы. Разработан экспресс-способ диагностики типа саморегуляции кровообращения (ТСК):

$$\text{ТСК} = \frac{\text{Диастолическое артериальное давление (мм рт.ст.)}}{\text{Частота сердечных сокращений (в мин.)}} \times 100$$

ТСК от 90 до 110 отражает сердечно-сосудистый тип. Если индекс превышает 110, то тип саморегуляции кровообращения сосудистый, если менее 90 – сердечный. Тип саморегуляции кровообращения отражает фенотипические особенности организма. Изменение регуляции кровообращения в сторону преобладания сосудистого компонента свидетельствует об ее экономизации, повышении функциональных резервов.

#### **4. Функциональные состояние и пробы применяемые для студентов ИЭФ**

**Функциональное состояние** – комплекс свойств, определяющий уровень жизнедеятельности организма, системный ответ организма на физическую нагрузку, в котором отражается степень интеграции и адекватности функций выполняемой работе.

При исследовании функционального состояния организма, занимающегося физическими упражнениями, наиболее важны изменения систем кровообращения и дыхания, именно они имеют основное значение для решения вопроса о допуске к занятиям спортом и о “дозе” физической нагрузки, от них во многом зависит уровень физической работоспособности.

Важнейший показатель функционального состояния сердечно-сосудистой системы – пульс (частота сердечных сокращений) и его изменения.

*Пульс покоя:* измеряется в положении сидя при прощупывании височной, сонной, лучевой артерий или по сердечному толчку по 15-секундным отрезкам 2–3 раза подряд, чтобы получить достоверные цифры. Затем делается перерасчет на 1 мин. (число ударов в минуту).

ЧСС в покое в среднем у мужчин (55–70) уд./мин., у женщин – (60–75) уд./мин. При частоте свыше этих цифр пульс считается учащенным (тахикардия), при меньшей частоте – (брадикардия).

Для характеристики состояния сердечно-сосудистой системы имеют также большое значение данные артериального давления.

*Артериальное давление.* Различают максимальное (систолическое) и минимальное (диастолическое) давления. Нормальными величинами артериального давления для молодых людей считаются: максимальное от 100 до 129 мм рт. ст., минимальное – от 60 до 79 мм рт. ст.

Артериальное давление от 130 мм рт. ст. и выше для максимального и от 80 мм рт. ст. и выше для минимального называется гипертоническим состоянием, соответственно ниже 100 и 60 мм рт. ст. – гипотоническим.

Для характеристики сердечно сосудистой системы большое значение имеет оценка изменений работы сердца и артериального давления после физической нагрузки и длительность восстановления. Такое исследование проводится с помощью различных функциональных проб.

*Функциональная проба* – неотъемлемая часть комплексной методики врачебного контроля лиц, занимающихся физической культурой и спортом. Применение таких проб необходимо для полной характеристики функционального состояния организма занимающегося и его тренированности.

Результаты функциональных проб оцениваются в сопоставлении с другими данными врачебного контроля. Нередко неблагоприятные реакции на нагрузку при проведении функциональной пробы являются наиболее ранним признаком ухудшения функционального состояния, связанного с заболеванием, переутомлением, перетренированностью.

Приводим наиболее часто встречающиеся функциональные пробы, используемые в спортивной практике, а также пробы, которые можно использовать при самостоятельных занятиях физической культурой.

20 приседаний за 30 с. Занимающийся отдыхает сидя 3 мин. Затем подсчитывается ЧСС за 15 с с пересчетом на 1 мин. (исходная частота). Далее выполняются 20 глубоких приседаний за 30 с, поднимая руки вперед при каждом приседании, разводя колени в стороны, сохраняя туловище в вертикальном положении. Сразу после приседаний, в положении сидя, вновь подсчитывается ЧСС в течение 15 с с пересчетом на 1 мин. Определяется увеличение ЧСС после приседаний сравнительно с исходной в % . Например, пульс исходный 60 уд./мин., после 20 приседаний 81 уд./мин., поэтому  $(81-60) : 60 \cdot 100 = 35\%$  .

Восстановление пульса после нагрузки. Для характеристики восстановительного периода после выполнения 20 приседаний за 30 с подсчитывается ЧСС за 15 с на 3-й мин. восстановления, делается перерасчет на 1 мин. и по величине разности ЧСС до нагрузки и в восстановительном периоде оценивается способность сердечно-сосудистой системы к восстановлению (табл. 1).

Для оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы наиболее широкое распространение получили гарвардский степ-тест (ГСТ) и тест PWC-170.

## Оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы

Тесты	ПОЛ	Оценка				
		55	44	33	2	1
ЧСС в покое после 3 мин. отдыха в полож. сидя, уд./мин.	Ж	<71	71-78	79-87	88-94	>94
	М	<66	66-73	74-82	83-89	>89
20 приседаний за 30 с*, %	М	<36	36-55	56-75	76-95	>95
	Ж					
Восстановление пуль- са после нагрузки**, уд./мин.	М	<2	2-4	5-7	8-10	>10
	Ж					
Проба на задержку дыхания (проба Штанге)	М	>74	74-60	59-50	49-40	<40
	Ж					
ЧСС×А <sub>дмакс</sub> /100	М	70	70-84	85-94	95-110	>110
	Ж					

**Примечание.** \* Методика проведения функциональной пробы 20 приседаний за 30 с. Занимающийся отдыхает сидя 3 мин., затем подсчитывается ЧСС за 15 сек. с перерасчетом на 1 мин. (исходная частота).

Далее выполняются 20 глубоких приседаний за 30 с, поднимая руки вперед при каждом приседании, разводя колени в стороны, сохраняя туловище в вертикальном положении. Сразу же после приседаний студент садится и у него подсчитывается ЧСС в течение 15 с с перерасчетом на 1 мин. Определяется увеличение ЧСС после приседания по сравнению с исходной, в %.

Например, ЧСС исходная – 60 уд/мин, после 20 приседаний – 81 уд/мин, поэтому  $(81 - 60) : 60 \times 100 = 35\%$ .

\*\* Для характеристики восстановительного периода после выполнения 20 приседаний за 30 с подсчитывается ЧСС за 15 с на 3-й мин. восстановления, делается перерасчет на 1 мин. и по величине разности ЧСС до нагрузки и в восстановительном периоде оценивается способность сердечно-сосудистой системы к восстановлению.

Проведение (ГСТ) заключается в восхождении и спуске со ступеньки стандартной величины в определенном темпе в течение определенного времени. ГСТ заключается в подъемах на ступеньку высотой 50 см для мужчин и 41 см для женщин в течение 5 мин. в темпе 30 подъемов/мин.

Если исследуемый не может поддерживать заданный темп в течение указанного времени, то работу можно прекратить, зафиксировать ее продолжительность и частоту сердечных сокращений в течение 30 с 2-й мин. восстановления.

По продолжительности выполненной работы и по количеству ударов пульса вычисляют индекс гарвардского степ-теста (ИГСТ):

$$\text{ИГСТ} = \frac{\text{Продолжительность работы (с)}}{5,5 \times \text{число ударов пульса (с)}} \times 100\%$$

Более точно можно рассчитать ИГСТ, если пульс считать 3 раза: в первые 30 с 2, 3, 4-й мин. восстановления, тогда

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

где  $t$  – время восхождения в с;  $f_1, f_2, f_3$  – ЧСС за первые 30 с 2, 3, 4-й мин. восстановления.

Оценка уровня физической работоспособности по ИГСТ осуществляется с использованием данных, приведенных в табл. 2.

Таблица 2.

Значение уровня физической работоспособности по ИГСТ

ИГСТ	Оценка работоспособности
55 и менее	Слабая
55–64	Ниже средней
65–79	Средняя
80–89	Хорошая
90 и более	Отличная

Принцип оценки в тесте PWC-170 основан на линейной зависимости между ЧСС и мощностью выполняемой работы, а занимающийся выполняет 2 относительно небольшие нагрузки на велоэргометре или в степ-тесте (методика проведения теста PWC-170 не приводится, так как он достаточно сложен и требует специальных знаний, подготовки, оборудования).

*Ортостатическая проба.* Занимающийся лежит на спине и у него определяют ЧСС (до получения стабильных цифр). После этого исследуемый спокойно встает и вновь измеряется ЧСС. В норме при переходе из положения лежа в положение стоя отмечается учащение пульса на 10–12 уд./мин. Считается, что учащение его более 20 уд./мин. – неудовлетворительная реакция, что указывает на недостаточную нервную регуляцию сердечно-сосудистой системы.

При выполнении физических нагрузок резко увеличивается потребление кислорода работающими мышцами, мозгом, в связи с чем возрастает функция органов дыхания. Физическая нагрузка увеличивает размеры грудной клетки, ее подвижность, повышает частоту и глубину дыхания, поэтому оценить развитие органов дыхания можно по показателю экскурсии грудной клетки (ЭКГ).

ЭКГ оценивается по увеличению окружности грудной клетки (ОКГ) при максимальном вдохе после глубокого выдоха. Например, ОКГ в спокойном состоянии 80 см, при максимальном вдохе – 85 см, после глубокого выдоха – 77 см.  $ЭКГ = (85 - 77) : 80 \times 100 = 10\%$ .  
Оценки: “5” – (15% и более), “4” – (14–12)% , “3” – (11–9)% , “2” – (8–6)% и “1” – (5% и менее).

Важным показателем функции дыхания является жизненная емкость легких (ЖЕЛ). Величина ЖЕЛ зависит от пола, возраста, размеров тела и физической подготовленности.

Для того чтобы дать оценку фактической ЖЕЛ, ее сравнивают с величиной должной ЖЕЛ, т.е. той, которая должна быть у данного человека.

Для определения должной ЖЕЛ может быть рекомендовано уравнение Людвига:

$$\text{ЖЕЛ} = \frac{\text{фактическая ЖЕЛ}}{\text{должная ЖЕЛ}} \times 100\%$$

**Мужчины:**

$$\text{ЖЕЛ} = (40 \times \text{рост в см}) + (30 \times \text{вес в кг}) - 4400,$$

**женщины:**

$$\text{ЖЕЛ} = (40 \times \text{рост в см}) + (10 \times \text{вес в кг}) - 3800.$$

У хорошо подготовленных людей фактическая ЖЕЛ колеблется в среднем от 4000 до 6000 мл и зависит от двигательной направленности.

Есть довольно простой способ контроля “с помощью дыхания” – так называемая проба Штанге. Сделать 2–3 глубоких вдоха и выдоха, а затем, сделав полный вдох, задержать дыхание. Отмечается время от момента задержки дыхания до начала следующего вдоха. По мере тренированности время задержки дыхания увеличивается. Хорошо подготовленные студенты задерживают дыхание на 60–100 с.

Физические упражнения предъявляют большие требования к деятельности всех систем в организме. Из всех органов наибольшее значение имеет оценка работоспособности такого вечно движущегося механизма, как сердечно - сосудистая система.

Изучение реакции сердечно – сосудистой системы на физические нагрузки значительно расширяет наше представление о состоянии этих органов и в то же время, как в зеркале, отражает функциональное состояние различных других систем и органов. По состоянию реакции сердечно - сосудистой можно в значительной степени судить об общей реактивности организма и его тренированности. Под влиянием длительной и систематической тренировки заметные изменения происходят в функциональном состоянии сердечно - сосудистой системы. Свообразные, неповторимые при других состояниях изменения касаются пульса, дыхания, артериального давления. Ряд признаков имеет существенное значение для оценки состояния тренированности: для хорошо тренированных спортсменов в состоянии покоя характерен замедленный пульс , наряду с урежением пульса и дыхания обычно у спортсменов отмечают тенденцию к снижению максимального артериального давления — до 100 мм рт. ст. и ниже, минимальное артериальное давление не меняется или незначительно понижается , пульсовое давление в состоянии покоя у тренированных всегда несколько повышено.

Функциональные пробы сердечнососудистой системы играют большую роль в определении состояния тренированности. Основной вопрос диагностики тренированности — определение уровня развития функциональных возможностей организма. Функциональные пробы сердечнососудистой системы, применяемые в динамике, отражают изменения системы приспособляемости организма к нагрузкам и в определенной степени характеризуют его потенциальные возможности.



## **Литература**

1. *Ашмарин, Б.А.* Теория и методика педагогических исследований в физическом воспитании: Учебное пособие / Б.А. Ашмарин. -М.,Физкультура и спорт, 1978.-223с.
2. *Бальсевич, В.К.* Физическая культура: молодежь и современность: / В.К. Бальсевич, Л.И. Лубышева// Теория и практика физической культуры, № 4, 2005. - С.2-8.
3. *Гогунов, Е.Н.* Психология физического воспитания и спорта: Учеб. Пособие / Е.Н. Гогунов, Б.И. Мартьянов. – М., Издательский центр «Академия»,2002.-288с.
4. *Железняк, Ю.Д.* Теория и методика обучения предмету « Физическая культура»: Учебное пособие / Ю.Д Железняк, В.М. Минбулатов. - М., «Академия»2004.-275.
5. *Холодов, Ж.К.* Теория и методика физического воспитания и спорта: Учебное пособие / Ж.К Холодов, В.С. Кузнецов.-М., Издательский центр «Академия»,2001.-480.

Учебно-методическое издание

Духова Галина Анатольевна

Методика определения и оценка функционального состояния  
сердечно-сосудистой системы

Методические указания

---

Подписано в печать

Заказ №

Изд №233-14

Усл.печ.л.

Тираж 100 экз.

Формат

---