

**Методические рекомендации по выявлению степени адаптации  
сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем к выполнению тяжелых  
физических упражнений у спортсменов города Москвы в летних и зимних  
Олимпийских видах спорта**

**Москва 2012**

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение.....	3
1. Методические рекомендации по выявлению степени адаптации сердечно-сосудистой системы к выполнению тяжелых физических упражнений у спортсменов.....	5
1.1. Методы выявления степени адаптации сердечно-сосудистой системы к выполнению тяжелых физических упражнений у спортсменов в видах спорта на выносливость.....	5
1.1.1. Спироэргометрия.....	5
1.1.2. Проведение функциональных тестов.....	11
1.1.3. Определение типов реакций сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку.....	17
1.1.4. Кардиоинтервалография.....	20
1.2. Методы выявления степени адаптации сердечно-сосудистой системы к выполнению тяжелых физических упражнений у спортсменов в скоростно-силовых видах спорта.....	23
2. Методические рекомендации по выявлению степени адаптации нервно-мышечной системы к выполнению тяжелых физических упражнений у спортсменов.....	25
2.1. Электромиографическое тестирование спортсменов .....	25
2.2. Стабилография.....	27
2.3. Иммуногистохимический анализ биоптатов скелетных мышц.....	30
2.4. Тестирование анаэробной работоспособности.....	31
Заключение.....	33

## ВВЕДЕНИЕ

Рост спортивных достижений требует от спортсменов максимального напряжения сил. Иногда спортсмены перегружают себя тренировками, что может привести к длительной гиперфункции сердца с дальнейшим развитием выраженной гипертрофии миокарда, препятствующей росту спортивного мастерства. Исследования последних лет свидетельствуют об индивидуальных различиях в типах адаптации сердечно-сосудистой системы (ССС) к физическим нагрузкам. Так, у одних спортсменов в процессе многолетних тренировок на выносливость вырабатываются оптимальные кардиальные механизмы регуляции, обеспечивающие 1) экономизацию работы сердца в условиях покоя и 2) максимальную его производительность при предельных физических нагрузках. В свою очередь у других спортсменов адаптация ССС к физическим нагрузкам может осуществляться по нерациональному пути, что приводит к патологическому ремоделированию спортивного сердца и снижению физической работоспособности.

Адаптация нервно-мышечной системы спортсменов связана с морфологическими изменениями в тканях и органах (гипертрофия, гиперплазия, капилляризация и др.), возникающими в ответ на двигательную деятельность в тренировочных и соревновательных условиях. Одним из видов адаптации нервно-мышечной системы спортсменов является изменение метаболического профиля мышечных волокон, которое может сопровождаться их гипертрофией и ростом кровеносных сосудов.

Известно, что реакция сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем на действие стресса в виде тяжелых физических упражнений зависит от различных факторов, как внешних (характеристики физических упражнений, продолжительность, интенсивность и кратность физической нагрузки, и др.), так и внутренних (генетически обусловленных). Таким образом, тренировочный процесс спортсменов должен быть построен таким образом, чтобы адаптация

сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем к физическим нагрузкам осуществлялась по рациональному пути, и приводила к росту спортивных результатов без вреда для здоровья. В связи с этим, разработка научно-обоснованных методических рекомендаций по выявлению степени адаптации сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем к выполнению тяжелых физических упражнений у спортсменов, является актуальной задачей при подготовке спортсменов.

В современной научной литературе достаточно хорошо описано влияние физических нагрузок на организм здорового человека, изучены особенности адаптации сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем к психофизическим нагрузкам, механизмы формирования спортивного сердца, патологические изменения, возникающие у спортсменов при нерациональных занятиях спортом.

В связи с развитием диагностической техники появились новые методики оценки уровня функциональной подготовленности и адаптации организма спортсменов к выполнению физических нагрузок спортсмена, исследованы корреляционные взаимоотношения между многими клиническими критериями функционального состояния, что существенно повысило эффективность тренировочного процесса. К наиболее распространенным методам оценки уровня функциональной подготовленности и адаптации организма к выполнению физических нагрузок относят: нагрузочные тесты (определение МПК, PWC170, Вингейт-тест, Гарвардский степ-тест, одномоментные пробы (Руфье, Мартинэ) и др.), биохимический анализ, стандартные методы функциональной диагностики (ЭКГ, ЭХО-КГ, определение типов адаптации сердечно-сосудистой системы на физические нагрузки), антропометрия, анализ состава тела, ряд педагогических тестов и др.

В данных методических рекомендациях описаны методы выявления степени адаптации сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем к выполнению тяжелых физических упражнений у спортсменов в летних и зимних Олимпийских видах спорта.

# **1. Методические рекомендации по выявлению степени адаптации сердечно-сосудистой системы к выполнению тяжелых физических упражнений у спортсменов**

## **1.1. Методы выявления степени адаптации сердечно-сосудистой системы к выполнению тяжелых физических упражнений у спортсменов в видах спорта на выносливость**

Существует множество методов оценки функциональной подготовленности и адаптации организма спортсменов-стайеров, к которым относят функциональные, биохимические, физиологические и педагогические.

### **1.1.1. Спироэргометрия**

Напрямую оценить общее количество АТФ, ресинтезируемой за счет аэробных реакций в рабочих мышцах и даже отдельной мышце, к сожалению, невозможно. Однако можно измерять показатель, пропорциональный количеству ресинтезируемой АТФ в аэробных реакциях (Wasserman et al. 1973; Wasserman et al. 1994; Волков, 2003).

Для косвенной оценки скорости аэробного ресинтеза АТФ во время мышечной работы используют следующие основные методы: прямое измерение потребления кислорода; непрямая калориметрия;  $^1\text{H}$  и  $^{31}\text{P}$  магниторезонансная спектроскопия; позитронно-эмиссионная томография; инфракрасная спектрометрия. К наиболее распространенным методам оценки аэробных возможностей человека относится непрямая калориметрия.

**Непрямая калориметрия (газоанализ вдыхаемого и выдыхаемого воздуха).** Общее  $\dot{V} \text{O}_2$  организмом пропорционально суммарному количеству АТФ, ресинтезированному за счет реакций окисления в организме.  $\dot{V} \text{O}_2$  рассчитывают как произведение скорости легочной вентиляции, приведенной к стандартным условиям, на разницу между долями кислорода во вдыхаемом и

выдыхаемом воздухе. Рассчитывая дыхательный коэффициент (отношение выделяемого углекислого газа к потребленному кислороду), можно приближенно определить вклад углеводов и жиров в окисление. Затем, используя калорический эквивалент кислорода, можно рассчитать количество энергии, полученной организмом за счет окисления каждого из этих субстратов (Beaver et al. 1981; Welch and Pedersen, 1981).

Достоинством этого метода является неинвазивность, простота в использовании и возможность проводить измерения во многих видах мышечной деятельности. Возможности использования метода существенно расширились с появлением портативных газоанализаторов. К недостаткам газоанализа следует отнести следующее. С помощью непрямой калориметрии можно оценить  $\dot{V}O_2$  и энерготраты только для целого организма. Это значит, что невозможно определить, какая часть кислорода используется для обеспечения работы активных мышц, сердца, дыхательных мышц и остальных тканей. Это задача становится особенно актуальной при работе, в которой задействована небольшая мышечная масса. В этом случае потребление кислорода сердцем и дыхательными мышцами может вносить значительный вклад в величину общего потребления кислорода.

### **Нагрузочные тесты для изучения аэробных возможностей**

Для определения аэробных возможностей организма в лабораторных условиях используют моделирование реальной мышечной деятельности – нагрузочные тесты. Основными требованиями к этим тестам должны быть надежность, информативность и специфичность. В спортивной физиологии последнее требование является особенно важным, поскольку при выборе теста необходимо, чтобы в используемом упражнении были задействованы те же мышечные группы, что и в соревновательном движении, а также использовался паттерн движений, максимально приближенный к реальным условиям (к соревновательному движению). Например, тестировать бегуна следует при беге

на тредбане, а гребца при работе на специальном гребном эргометре. Бессмысленно определять общее  $\dot{V}O_2$  организмом у пловца в тесте на велоэргометре (работа ногами), тогда как основные рабочие мышцы в его виде спорта это мышцы рук и туловища т.д.

Все тесты, применяемые в физиологии мышечной деятельности, сводятся к измерению физиологических реакций в ответ на заданную или выбираемую нагрузку. В приросте любого физиологического показателя в ответ на увеличение нагрузки выделяют этап быстрого роста (0.5-1.5 мин), этап медленного прироста (квазиустойчивое состояние) и этап выхода показателя на истинное устойчивое состояние. При субмаксимальных и максимальных по интенсивности аэробных нагрузках третий этап не всегда достижим. Для того чтобы четко описать реакцию организма на ту или иную нагрузку, необходимо добиться выхода физиологических показателей на истинное устойчивое состояние или на максимальный уровень. Как правило, выход на истинное устойчивое состояние может занимать для разных показателей 5-15 мин даже при относительно небольшом (10-15% от максимальной величины) приросте нагрузки. Это означает, что если дожидаться выхода показателя на истинное устойчивое состояние, то тест может занять слишком много времени. С другой стороны, при тестировании необходимо определить, как изменяются те или иные физиологические показатели в ответ на нагрузки разной интенсивности: от минимальной до максимальной. Поэтому желательно, чтобы тест включал в себя несколько нагрузок разной интенсивности.

Учитывая приведенные выше рассуждения становится понятно, почему в физиологии мышечной деятельности получил широкое распространение тест со ступенчато повышающейся нагрузкой. Данная тестовая модель позволяет оценить реакцию организма во всем диапазоне нагрузок от минимальной до максимальной аэробной нагрузки. Здесь и далее под максимальной аэробной мощностью будет пониматься максимальная мощность, достигнутая в тесте с повышающейся нагрузкой, то есть интенсивность, сопоставимая с нагрузкой, при которой

достигается максимальная скорость потребления кислорода ( $\dot{V} O_{2max}$ ). В последующем появился аналог данного теста – тест с непрерывно возрастающей нагрузкой. Оба способа задания нагрузки получили широкое распространение и являются практически общепризнанной моделью для тестирования аэробной работоспособности.

Недостатками данных моделей является наличие периода запаздывания между приростом нагрузки и приростом физиологического показателя, поскольку физиологический показатель в данном случае не успевает выйти на истинное устойчивое состояние. Поэтому результаты теста (показатель, отнесенный к мощности) будут несколько занижены относительно длительного теста с постоянной нагрузкой. Период запаздывания особенно выражен на низких нагрузках и несколько больше проявляется в тесте с непрерывно возрастающей нагрузкой, чем в тесте со ступенчато возрастающей нагрузкой.

С другой стороны, тест с непрерывно возрастающей нагрузкой имеет ряд преимуществ. Различные физиологические показатели имеют разную скорость выхода на квазиустойчивое состояние, поэтому при скачкообразном приросте нагрузки неизбежна гетерогенность: например, скорость прироста потребления кислорода в этом случае будет выше скорости прироста выделения углекислого газа. Это может исказить некоторые расчетные показатели, такие как аэробно-анаэробный переход, определяемый с помощью метода V-slope. К тому же, если в тесте со ступенчато возрастающей нагрузкой величина прироста мощности достаточно велика (50 Вт), то спортсмен может отказаться от работы на последней ступени, так и не выйдя на свой индивидуальный максимум. Поэтому тесты с непрерывно возрастающей нагрузкой становятся все более популярными для оценки аэробных возможностей организма.

### **Максимальный сердечный выброс и максимальное потребление кислорода**

Максимальные возможности кислородтранспортной системы, как правило, определяются в максимальном тесте с возрастающей нагрузкой при работе



большой мышечной массы. Наиболее широко используемыми максимальными показателями являются максимальный сердечный выброс (СВ) и  $\dot{V} O_{2\max}$ .

Максимальный СВ является высокоинформативным показателем, характеризующим аэробную работоспособность, поскольку он определяет доставку кислорода ко всем активным тканям (не только к рабочим мышцам). По мнению ряда авторов максимальный СВ является ключевым фактором, определяющим аэробные возможности организма особенно при работе большой мышечной массы. Максимальный СВ может быть определен как прямым методом по Фику, так и косвенно. Прямой метод является инвазивным и поэтому не может стать рутинным. Из неинвазивных методов наиболее надежным (сравнение с прямым методом  $r=0,9-0,98$ ) зарекомендовал себя метод вдыхания газовой смеси, содержащей растворимый и малорастворимый (биологически инертный) газы. Процедура тестирования – дыхание газовой смесью (6-25 дыхательных циклов), которое может быть организовано как по типу возвратного дыхания, так и по типу дыхания в открытом контуре (выдох в атмосферу). Метод основан на принципе баланса масс: скорость потребления растворимого газа (ацетилен, угарный газ), с учетом коэффициента растворимости, пропорциональна кровотоку в малом круге. В первые дыхательные циклы величина общего потребления растворимого газа зависит не только от его растворимости в крови, но и от его смешивания с альвеолярным воздухом. Поэтому для коррекции общего потребления растворимого газа используется биологически инертный газ (гелий, гексофторид серы), как маркер, характеризующий полное заполнение альвеолярного объема дыхательной газовой смесью. Широкого распространения метод не получил из-за высокой стоимости газовых масс-спектрометров – наиболее подходящего для этой методики измерительного прибора.

$\dot{V} O_{2\max}$  – это интегральный показатель, характеризующий  $\dot{V} O_2$  всем организмом (не только рабочими мышцами).  $\dot{V} O_{2\max}$  можно определять неинвазивно методом непрямой калориметрии. Благодаря широкому

распространению газоанализаторов  $\dot{V} O_{2max}$  стало одним из наиболее популярных критериев, характеризующих аэробные возможности организма.

Недостатками этих двух показателей (максимальный СВ и  $\dot{V} O_{2max}$ ) является интегративность. Известно, что при аэробной нагрузке с участием большой мышечной массы основная доля кровотока и потребляемого кислорода приходится на рабочие и дыхательные мышцы. Причем распределение кислорода между этими двумя группами мышц зависит от нагрузки и при максимальной нагрузке составляет 75-80% и 10-15%, соответственно. При субмаксимальной работе легочная вентиляция может возрастать экспоненциально. На обеспечение работы дыхательной мускулатуры требуется энергия. Диафрагма – основная дыхательная мышца – имеет высокие окислительные возможности/потребности. Поэтому энергообеспечение диафрагмы идет преимущественно по аэробному пути. Это означает, что доля кислорода, потребляемого дыхательными мышцами, может возрасть именно в конце работы. Перераспределению кровотока от рабочих к дыхательным мышцам может способствовать метаболический рефлекс, возникающий при утомлении дыхательных мышц.

Нельзя также исключить возможность дополнительного перераспределения кровотока от основных рабочих мышц к мышцам, дополнительно активирующимся при максимальной нагрузке. В результате действия перечисленных факторов доля кровотока/потребленного кислорода, приходящегося на рабочие мышцы, может резко снизиться именно при около-максимальных и максимальных аэробных нагрузках. При этом изменения в максимальном СВ и  $\dot{V} O_{2max}$  не обязательно будут отражать изменения в потреблении кислорода основными рабочими мышцами. Еще одним недостатком показателей максимального СВ и  $\dot{V} O_{2max}$  следует считать саму процедуру тестирования. Для того чтобы получить действительно максимальные показатели, испытуемый должен быть сильно мотивирован и настроен на максимальную работу, что возможно далеко не всегда. Данное условие накладывает

дополнительные ограничения на качество проведения максимальных тестов и частоту их проведения.

### **1.1.2. Проведение функциональных тестов**

Комплексность медико-биологических исследований является одним из важнейших принципов диагностики функционального состояния в спортивной медицине. Очень важно подобрать такую группу тестов, которые при минимальных затратах времени и ресурсов могли бы дать максимум информации. Для оценки уровня адаптации систем организма спортсменов разработаны контрольные показатели, на которые следует ориентироваться.

#### **Электрокардиография**

Анализ стандартной ЭКГ в классической варианте в 12-ти отведениях и по Небу (отведения D,A,I) с анализом количественных (интервалы RR, PQ, QT) и качественных характеристик (водитель ритма, соотношение R/T, динамика сегмента S/T, сумма R/T) в покое, при ФН и в восстановительный период. Наличие патологических изменений, особенностей ЭКГ у спортсменов оценивается до и после физической нагрузки.

Электрокардиография является важным методом диагностики утомления. В состоянии острого утомления отмечаются признаки перегрузки желудочков сердца и диффузные изменения миокарда (уплощение зубца Г, удлинение электрической систолы и предсердно-желудочковой проводимости, отрицательный зубец Т в III и II отведениях). В основе дистрофических изменений в мышце сердца лежит недостаточное коронарное кровообращение и развитие гипоксии.

Наиболее часто явления перегрузки сердца наблюдаются у спортсменов с очагами хронической инфекции: хроническим тонзиллитом, кариесом зубов, гайморитом и др. При функциональных пробах с физической нагрузкой наблюдаются неадекватная реакция, замедление времени восстановления, изменение конечной части желудочкового комплекса ЭКГ (низкий зубец Г на изолинии или отрицательный), экстрасистолия. Признаки гипоксии миокарда

могут быть обнаружены на ЭКГ: смещается сегмент S-T, уплощается зубец T, учащается ритм сердца. Гипоксия создает благоприятные условия для развития аритмии или для усиления уже имеющейся.

### **Гарвардский степ-тест.**

Сущность Гарвардского степ - теста (название связано с местом, где он был разработан, - лаборатория утомления при Гарвардском университете) заключается в восхождении и спуске со ступеньки определенной высоты, различной для каждого возраста, в определенном темпе в течение определенного времени. Обычно для мужчин высота ступеньки составляет 50 см, время 5 мин, темп 30 восхождений и спусков в 1 мин; для женщин соответственно 45 см, 4 мин. при том же темпе.

После выполнения пробы в восстановительный период определяется трижды ЧСС за 30 с. - первый раз в промежуток от 60-й до 90-й секунды, затем - от 120-й до 150-й и далее - от 180-й до 210-й секунды. Результаты этой пробы выражаются количественно по так называемому индексу Гарвардского степ - теста:

$$ИТГС = \frac{T}{(T_1 + T_2 + T_3) * 2}$$

где

T<sub>1</sub> - частота сердечных сокращений за 60-90-секундный промежуток восстановительного периода;

T<sub>2</sub> - за 120-150-секундный промежуток;

T<sub>3</sub> - за 180-210 секундный промежуток;

T - фактическое время выполнения теста в секундах.

Если ИТГС ниже 50, то физическая работоспособность считается очень плохой, при цифрах 51-60- плохой, 61-70- достаточной, 71-80- хорошей, 81-90- очень хорошей, более 91- отличной.

Следует иметь в виду, что если испытуемый прекращает восхождение на ступеньку раньше, чем 5 мин, фиксируется только истинное время ее выполнения

и расчет ИТГС ведется по истинному времени его выполнения (Т). Как видно из формулы расчета ИТГС, его величина характеризует скорость восстановительных процессов после физической нагрузки. Чем выше индекс, тем быстрее идет восстановление пульса.

**Ортостатическая проба.** В состоянии хорошей тренированности ортостатические воздействия не вызывают значительных изменений пульса. Как известно, в норме его учащение после перехода в вертикальное положение достигает в среднем 6-18 ударов в 1 мин, в то время как большой прирост свидетельствует о наличии функциональных отклонений.

**Клиностатическая проба.** Урежение пульса при переходе в горизонтальное положение в норме не более 4-12 ударов в 1 мин, в то время как более уреженный пульс указывает на недостаточную тренированность.

**Коэффициент экономичности кровообращения (КЭК)** - это минутный объем крови. Вычисляется он по формуле:  $(АД_{\text{макс.}} - АД_{\text{миним.}} \times ЧСС)$ . В норме  $КЭК = 2600$ . При утомлении он увеличивается.

#### **Тест $PWC_{170}$**

Определение физической работоспособности по тесту  $PWC_{170}$  сложнее, так как требует специальной аппаратуры, в частности велоэргометра, позволяющего точно дозировать нагрузку. Измерение ЧСС при этом исследовании производится не непосредственно во время выполнения физической нагрузки. Свое название тест  $PWC_{170}$  получил от первых букв английского термина - физическая работоспособность - Physical Working Capacity.

Принцип теста  $PWC_{170}$  основан на том, что, по мнению его авторов (Съестранда и Валунд, 1947-1948), существует линейная зависимость между ЧСС и мощностью выполняемой работы. Это позволяет предсказать на основании выполняемой работы, какой будет у обследуемого ЧСС при любой нагрузке большей интенсивности. Эта зависимость после ЧСС, равной 170, нарушается. Поскольку физиологи считают, что ЧСС, равная 170 ударам в 1 мин., характеризует оптимальный по производительности режим сердечно-сосудистой

системы, физическая работоспособность определяется величиной мощности мышечной работы, при которой ЧСС достигает 170 ударов в 1 мин.

Профессором В. Л. Карпманом и его учениками было показано, что у молодого человека при пульсе 170 ударов в минуту сердце работает с наибольшей отдачей, а при дальнейшем увеличении мощности падает. Поэтому целесообразно измерять физическую работоспособность при пульсе 170 ударов в минуту. для этого нужно определить мощность работы, при которой пульс достигнет этой цифры у данного человека. Учёные предложили простой способ измерения этого показателя, основанный на том, что зависимость частоты пульса от мощности линейна, а значит, её можно описать уравнением вида

$$F = A * W + F_0$$

где

F - частота пульса при нагрузке;

A - коэффициент пропорциональности;

W - мощность;

F<sub>0</sub> - частота пульса в покое.

Если измерить частоту пульса двух последовательных нагрузок, нетрудно рассчитать мощность при пульсе 170 ударов в минуту. Величина этой мощности и будет PWC<sub>170</sub>.

Исследование PWC<sub>170</sub> у спортсменов обнаружили, что у борцов и гимнастов она сравнительно невысока, тогда как у лыжников, велогонщиков, бегунов-стайеров - очень большая. Поэтому принято считать, что PWC<sub>170</sub> отражает, прежде всего аэробную производительность, то есть работоспособность в зонах умеренной и большой мощности, где главным источником энергии являются окислительные процессы. Отечественными учеными было предложено использовать в качестве опорной точки для расчета PWC<sub>170</sub> пульс покоя. Такая методика в последние годы получила широкое распространение.

Восстановление фазовой структуры сердечного цикла после физических нагрузок протекает у лиц с различной физической работоспособностью

неодинаково. Чем выше значение  $PWC_{170}$ , тем быстрее протекает восстановительная перестройка кардиогемодинамики.

Последовательность выполнения теста:

Испытуемый последовательно выполняет две нагрузки в течение 5 мин. с 3-минутным интервалом отдыха между ними. В последние 30 сек. пятой минуты каждой нагрузки подсчитывается пульс. Мощность первой нагрузки ( $N1$ ) подбирается по таблице 1 в зависимости от веса тела обследуемого с таким расчетом, чтобы в конце 5-й минуты пульс ( $f1$ ) достигал 110...115 уд./мин. Мощность второй ( $N2$ ) нагрузки определяется по табл. 2 в зависимости от величины  $N1$ . Если величина  $N2$  правильно подобрана, то в конце пятой минуты пульс ( $f2$ ) должен составить 135...150 уд./мин.

**Таблица 1.** Мощность первой нагрузки, рекомендуемая для определения  $PWC_{170}$  у спортсменов различного веса

Вес тела в кг	59 и менее	60–64	65–69	70–74	75–79	80 и более
Мощность первой нагрузки, кгм/мин ( $N1$ )	300	400	500	600	700	800

Испытуемым предлагается последовательно выполнить на велоэргометре две нагрузки умеренной интенсивности с частотой вращения педалей 60-75 об/мин, разделенные 3-минутным интервалом отдыха. Мощность первой нагрузки дозируется исходя из массы тела. Каждая нагрузка продолжается 5 минут и по ее окончании подсчитывается ЧСС. Значения  $PWC_{170}$  рассчитывается путем подстановки экспериментальных значений ЧСС и мощности выполняемой нагрузки в следующую формулу:

$$PWC_{170} = W + (W^1 - W^2) \cdot \frac{(170 - f)}{f^1 - f^2}$$

**Таблица 2.** Ориентировочные значения мощности второй нагрузки (в кгм/мин), рекомендуемые при определении  $PWC_{170}$

Мощность работы при первой нагрузке, кгм/мин	Мощность N2, кгм/мин				
	ЧСС N1, 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

Это уравнение позволяет легко найти величину  $PWC_{170}$ , если известны мощность 1-й ( $W1$ ) и 2-й ( $W2$ ) нагрузок и ЧСС в конце 1-й ( $f1$ ) и 2-й ( $f2$ ) нагрузок.

Уровень физической работоспособности по тесту  $PWC_{170}$  определяется прежде всего производительностью кардиореспираторной системы. Чем эффективнее работа аппарата кровообращения, тем выше функциональные возможности вегетативных систем организма, тем больше величина  $PWC_{170}$  (табл. 3). Для увеличения объективности в оценке мощности выполненной работы при ЧСС, равной 170 уд/мин, следует исключить влияние весового показателя, что возможно путем определения относительного значения  $PWC_{170}$ . Значение  $PWC_{170}$  делят на вес испытуемого, сравнивают с аналогичным значением по виду спорта, дают рекомендации.

**Таблица 3.** Оценка уровня физической работоспособности по тесту  $PWC_{170}$

Уровень физической работоспособности (кгм/ мин/ кг)			
Низкий	Средний	Высокий	Очень высокий
< 8,50	8,51-10,50	10,51-12,51	> 12,51

Полученные абсолютные значения физической работоспособности (в кгм/мин) не учитывают особенностей физического развития людей. Известно, что



уровень физической работоспособности зависит не только от тренированности, но и от таких факторов, как пол, возраст, размеры тела, наследственность, состояние здоровья и т. д. Поэтому для того, чтобы можно было сравнивать уровень физической работоспособности у людей не только различного возраста и пола, но и с различной массой тела, рассчитывают относительные величины PWC AF на 1 кг массы тела (в кгм/мин кг). Для этого полученное по формуле (1) абсолютное значение показателя физической работоспособности необходимо разделить на значение показателя веса тела (в кг).

### **1.1.3. Определение типов реакций сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку.**

На основании полученных данных, аналитического материала научной литературы была модифицирована классификация типов реакции ССС на ФН. В основе стандартизации типов реакций положены следующие критерии:

1. Сопряженность изменений ЧСС и АД пульсового. 2. Адекватность изменений ЧСС, АД пульсового, АД среднего, ОГП объему ФН. 3. Абсолютные значения ЧСС и АД. 4. Время восстановления ЧСС и АД. 5. Внешние признаки утомления, субъективные жалобы. 6. Специфичность предъявляемой нагрузки.

#### Классификация типов реакции ССС на ФН

1. Нормотонический тип:

а) гиперреактивный вариант

2. Гипертонический тип:

а) с повышением АД диастолического, б) без повышения АД диастолического, в) ступенчатый.

3. Гипотонический.

4. Дистонический:

а) феномен бесконечного тона.

Нормотонический тип реакции характеризуется сочетанным и адекватным объему ФН повышением ЧСС и АД пульсового. Разность приростов ЧСС и АД

пульсового может достигать 10-30%. АД мин в зависимости от специфичности ФН либо не изменяется либо снижается на 10-30 мм. рт. ст. АД макс. не достигает значений выше 170 мм. рт. ст. АД ср. колеблется в пределах  $\pm 10$  мм. рт. ст. Время восстановления не превышает 60 сек. при одномоментных пробах и 3-3,5 мин при велоэргометрической пробе (ВЭП) и других. Может отмечаться гиперемия кожных покровов при ВЭП.

Гиперреактивный вариант предполагает значительный прирост ЧСС на 1 минуте, но к концу 1 минуты восстановления соотношение ЧСС и АД пульсового нормализуется. Прирост ЧСС может превышать прирост АД пульсового до 50%. Подобный вариант чаще встречается у подростков с высокой психоэмоциональной лабильностью нервной системы (синдром белого халата и др.), после неполноценного отдыха.

Гипертонический тип предполагает значительный прирост АД пульсового более чем на 60%, прирост АД среднего более 10 мм. рт. ст. и составляет 102 мм рт. ст. и более; АД макс. достигает значений выше 170 мм. рт. ст. Любое повышение АД мин. после одномоментной пробы расценивается как гипертонический тип. Восстановление АД макс. 4-5 минут (при ВЭП), причем снижение ЧСС происходит на 1-2 минуты ранее. Выделяют варианты с повышением и без повышения АД мин. Во втором варианте прирост АД среднего составляет 15-30 мм. рт. ст. и расценивается как крайне неблагоприятный. ПНИ - более 38 - 40.

Увеличение МОК неадекватно объёму ФН. В данном случае можно говорить об относительно компенсированной как систолической, так и диастолической перегрузках левого желудочка. Оба варианта встречаются при перенапряжении ССС по дисциркуляторному типу, ожирении, нарушениях режима, у бывших спортсменов, не поддерживающих спортивную форму. В случае повышения АД макс. на 1-3 минутах восстановления определяется ступенчатый вариант, который чаще встречается при грубых нарушениях режима, у плохоподготовленных лиц. Субъективно отмечают одышка, гипергидроз,

гиперемия. Техника заметно страдает при выполнении длительных нагрузок. Данный тип встречается достаточно часто.

Кратковременное повышение АД мин. после неспецифической ФН может наблюдаться у гимнастов, тяжелоатлетов, других спортсменов, выполняющих физические нагрузки с натуживанием. При быстром восстановлении АД тип реакции следует считать нормотоническим.

Гипотонический тип определяется при незначительных колебаниях АД и выраженном приросте ЧСС (более чем в 2 раза выше прироста АД пульсового). Эти изменения носят неадекватный ФН характер. АД ср. практически не изменяется. Время восстановления ЧСС 5-15 минут. Обычно ЧСС несколько снизившись ко 2 минуте, длительное время не восстанавливается. Субъективно отмечается вялость, низкая мотивация выполнения нагрузок, одышка, головная боль. В целом, гипотонический тип реакции ССС встречается редко, в основном, у девушек в околоменструальном периоде.

Дистонический тип реакции характеризуется неустойчивой тенденцией изменений АД без связи с ЧСС. Часте ЧСС снижается на 2 минуте на 20-30%, продолжая очень медленно восстанавливаться. Значение АД колеблется 3-4 минуты восстановительного периода, после чего отмечается тенденция к снижению. Чем больше время неустойчивого колебания АД, тем неблагоприятнее прогноз. Время восстановления - более 5 минут.

Вариантом данного типа является феномен бесконечного тона (ФБТ), при котором минимальное АД не определяется, что связано с техническими издержками метода Короткова. В механизмах такого явления преобладает несоответствие сердечного выброса и периферического тонуса сосудов. АД макс. достигает 160-190 мм. рт. ст. Нередко абсолютные значения ЧСС и АД макс. совпадают, особенно при ВЭП. Субъективные симптомы разнообразны, но могут быть асимптоматичные случаи. Такой тип нередко встречается у спортсменов с неблагоприятным неврологическим анамнезом (черепно-мозговые травмы,

невриты др.) при выраженной дилатации левого желудочка, ВСН по смешанному типу. Неклассифицированные варианты требуют дополнительного внимания.

#### **1.1.4. Кардиоинтервалография**

Методика предназначена для автоматизированного проведения кардиоинтервалографических исследований с применением функциональных проб с целью характеристики вегетативного гомеостаза и вегетативного реагирования. Методика используется для донозологической диагностики, характеристики процессов адаптации организма и его функциональных резервов. В комплексе «ЭКГ-триггер-Heart Mirror 3 ИКО» реализуется такая схема применения клино-ортостатической пробы, которая позволяет оценить исходный вегетативный тонус (состояние вегетативной регуляции в условиях физиологического покоя), реакцию на нагрузку, способность организма к быстрому восстановлению.

Ритмологические исследования проводятся после 10-15 минутного отдыха обследуемого. Время полного обследования одного пациента от момента запуска программ до выдачи заключения до 20 минут.

Измеряемые параметры (для каждой из 5 кардиоинтервалограмм):

1. мода ( $M_0$ ) - наиболее часто встречающееся значение кардио-интервала, характеризующее гуморальный канал регуляции и уровень функционирования системы;

2. амплитуда моды ( $AM_0$ ) - число значений интервалов соответствующих  $M_0$ , и выраженное в процентах к общему числу кардиоциклов массива; отражает степень влияния симпатического отдела вегетативной нервной системы на сердечный ритм;

3. вариационный размах длительности кардиоинтервалов ( $\Delta X$ ) - разница между максимальным и минимальным значениями длительности интервалов R-R в секунду, отражает степень влияния парасимпатического отдела вегетативной нервной системы на сердечный ритм;

4. отношение  $A_{Mo}/\Delta X$  - баланс симпатических и парасимпатических влияний на сердце;

5. отношение  $A_{Mo}/M_o$  - указывает на реализующий путь центрального стимулирования (нервный или гуморальный);

6. вегетативный показатель ритма  $VPR = 1/M_o * dX$ ;

7. индекс напряжения (выражается в %)  $ИН = A_{Mo}/(2 * M_o * dX)$ .

Интегральный показатель уровня централизации регуляции сердечным ритмом (в усл.ед.). Характеризует активность механизмов симпатической регуляции, состояние центрального контура регуляции. Информирован о степени напряжения компенсаторных механизмов организма. Был предложен в 1979 г. Р.М. Баевским;

Перечень заключений

Исходный вегетативный тонус:

• Ваготония; Эйтония; Симпатикотония; Гиперсимпатикотония;

Вегетативная реактивность:

• Асимпатикотоническая; • Нормотоническая; • Гиперсимпатикотоническая;

Вегетативное обеспечение деятельности и тип реакции на ортостатическую нагрузку:

• Недостаточное (симпато-астеническая, астено-симпатическая, астеническая реакция); • Достаточное (умеренная симпатикотоническая реакция); • Избыточное (симпатикотоническая, астено-симпатическая реакция);

Период восстановления: Удлинен (реакция утомления); Нормальный; Удлинен (симпатикотоническая реакция);

Реакция на ортостатическую нагрузку и период восстановления оцениваются путем сравнения математических показателей вариационной пульсометрии для каждой КИГ с их значениями, измеренными по фоновой КИГ.

Нормальная реакция на изменение положения тела – умеренная симпатикотоническая (нормотоническая), то есть умеренное повышение активности симпато-адреналовой системы (уменьшение  $M_o$ , увеличение  $A_{Mo}$ ) и

снижение активности парасимпатического канала регуляции (уменьшение  $\Delta X$ ), в результате чего увеличивается ИН.

Считается, что к 4-5 минутам ортостаза показатели гемодинамики, а, следовательно, и уровень функционирования регуляторных механизмов, в норме достигают оптимального уровня. Следовательно, по 1-й ортостатической КИГ, регистрируемой на 6-й минуте ортостаза, должна наблюдаться нормотоническая реакция.

При стабильности регуляторных механизмов у здоровых лиц достигнутый оптимум функционирования должен сохраняться с небольшими колебаниями в пределах нормотонической реакции в течение всей ортостатической пробы, то есть показатели 2-й ортостатической КИГ, регистрируемые на 11-й минуте ортостаза, также не должны выходить за пределы нормотонической реакции.

При нарушении вегетативного гомеостаза реакция на изменение положения тела или другой стимул отличается от выше описанной. При этом могут иметь место различные варианты, связанные со снижением, либо чрезмерным увеличением вегетативного реагирования и дисбалансом активности каналов регуляции – гуморального, нервного (симпатического, парасимпатического).

Восстановительный период в норме характеризуется нормализацией (восстановлением фоновых) показателей гемодинамики и вегетативной регуляции через 3-4 минуты после перевода пациента из орто- в клиноположение. При нарушении вегетативной регуляции может наблюдаться удлинение восстановительного периода, связанного либо с сохраняющейся симпатикотонической реакцией, либо с развитием выраженной вагальной (парасимпатической) реакции (поздняя реакция утомления). Эти изменения свидетельствуют о снижении адаптивных возможностей и функциональных резервов организма.

## 1.2. Методы выявления степени адаптации сердечно-сосудистой системы к выполнению тяжелых физических упражнений у спортсменов в скоростно-силовых видах спорта

Установлено, что наибольшим изменениям сердечно-сосудистой системы спортсменов скоростно-силовой направленности подвергается миокард. Большинство исследователей было выявлено морфо-функциональное ремоделирование миокарда в сторону формирования концентрической гипертрофии. Эхокардиографическая оценка морфо-функционального ремоделирования миокарда спортсменов проводится на ультразвуковых сканерах фазированным датчиком с частотой импульсации 3.5 МГц. Миокард, клапаны и подклапанные структуры изучают в М- и В- режимах. Основные измерения проводятся в М-режиме на изображении длинной оси левого желудочка, полученном при стандартном парастернальном положении датчика. Определяют толщину межжелудочковой перегородки в диастолу (МЖП, см), толщину задней стенки ЛЖ в диастолу ( $ZC_{ЛЖ}$ , см), конечно-диастолический размер ЛЖ ( $KDP_{ЛЖ}$ , см), конечно-систолический размер ЛЖ ( $KCP_{ЛЖ}$ , см), конечно-диастолический объем ЛЖ ( $KDO_{ЛЖ}$ , мл), конечно-систолический объем ЛЖ ( $KCO_{ЛЖ}$ , мл), массу миокарда ЛЖ (ММЛЖ, г), ударный объем в покое (УО, мл), ударный индекс (УИ, отношение УО к площади поверхности тела,  $мл/м^2$ ) и минутный объем кровообращения в покое (МОК, л).

Для оценки эхокардиографических показателей морфометрии и гемодинамики принято исходить из нормативов, полученных при обследовании лиц, не занимающихся спортом, того же пола и возраста. Согласно этим нормативам, за верхнюю границу нормы ММЛЖ принимается величина, равная 170 г. Если ММЛЖ находится в пределах от 170 до 195 г., то есть основания думать об умеренной гипертрофии миокарда. При выраженной гипертрофии величина ММЛЖ превышает 200 г. В последние годы чаще используется индекс – отношение ММЛЖ к площади поверхности тела ( $ИММ_{ЛЖ}$ ). ММЛЖ считается

увеличенной, если индекс превышает  $125 \text{ г/м}^2$  у мужчин и  $118 \text{ г/м}^2$  у женщин. Кроме того, степень гипертрофии можно оценивать по толщине МЖП. Гипертрофия отсутствует при значениях МЖП  $\leq 1,2 \text{ см}$ ; умеренная гипертрофия соответствует МЖП  $1,3-1,4 \text{ см}$ ; при МЖП  $1,5 \text{ см}$  и более гипертрофия является выраженной (Дембо и Земцовский, 1989).

Для оценки геометрии полости ЛЖ рассчитывалась относительная толщина миокарда (ОТМ, ед.) в соответствии с формулой:  $\text{ОТМ} = 2 \cdot \text{ЗС}_{\text{ЛЖ}} / \text{КДР}_{\text{ЛЖ}}$  (ед.)

Типы ремоделирования оценивали по Devereux (1995). При величине  $\text{ИММ}_{\text{ЛЖ}} < 120 \text{ г/м}^2$  и  $\text{ОТМ}_{\text{ЛЖ}} < 0,44$  ед. геометрию ЛЖ расценивали как нормальную; при значениях  $\text{ИММ}_{\text{ЛЖ}} > 120 \text{ г/м}^2$  и  $\text{ОТМ}_{\text{ЛЖ}} < 0,44$  ед. геометрию ЛЖ расценивали как эксцентрическую гипертрофию ( $\text{ЭГ}_{\text{ЛЖ}}$ ); при величине  $\text{ИММ}_{\text{ЛЖ}} < 120 \text{ г/м}^2$  и  $\text{ОТМ}_{\text{ЛЖ}} > 0,44$  ед. геометрию ЛЖ расценивали как концентрическое ремоделирование ( $\text{КР}_{\text{ЛЖ}}$ ); при величине  $\text{ИММ}_{\text{ЛЖ}} > 120 \text{ г/м}^2$  и  $\text{ОТМ}_{\text{ЛЖ}} > 0,44$  ед. геометрию ЛЖ расценивали как концентрическую гипертрофию ( $\text{КГ}_{\text{ЛЖ}}$ ).

Тип кровообращения у спортсменов выявляли на основании показателя сердечного индекса (СИ, отношение МОК к площади поверхности тела,  $\text{л}/(\text{мин} \cdot \text{м}^2)$ ). Эукинетический тип кровообращения соответствовал значениям СИ –  $3-3,9 \text{ СИ}$ ,  $\text{л}/(\text{мин} \cdot \text{м}^2)$  для мужчин и  $2,5-3,5 \text{ л}/(\text{мин} \cdot \text{м}^2)$  для женщин. При величинах ниже или выше указанных, тип кровообращения оценивался соответственно, как гипокинетический или гиперкинетический (Дембо и Земцовский, 1989). Спортсмены скоростно-силовой направленности в большей степени подвержены формированию гиперкинетического типа кровообращения.



## **2. Методические рекомендации по выявлению степени адаптации нервно-мышечной системы к выполнению тяжелых физических упражнений у спортсменов**

### **2.1. Электромиографическое тестирование спортсменов**

Электромиографическое обследование является примером прикладной нейрофизиологии и, следовательно, функциональным исследованием, отвечающим на определенные клинические вопросы. Прежде всего, это касается патофизиологического состояния нервно-мышечного аппарата в целом с преобладанием поражения тех или иных элементов ДЕ.

ЭМГ (ЭНМГ) - полимодальный метод исследования, включающий в себя большое количество методик. По способу получения данных, характеру исследования и методам обработки данных в ЭМГ выделяют следующие методики обследования:

1. Интерференционная поверхностная ЭМГ.

2. Стимуляционная ЭМГ: Исследование М-ответа и скорости распространения волны по моторным волокнам (СРВм). Исследование потенциала действия нерва и скорости распространения волны по сенсорным волокнам (СРВс). Исследование поздних нейрографических феноменов (F-волна, H-рефлекс, A-волна). Ритмическая стимуляция и определение надежности нервно-мышечной передачи (декремент-тест). Игольчатая ЭМГ (Исследование потенциалов двигательных единиц (ПДЕ)).

3. Магнитная, стимуляция: Исследование центрального времени моторного проведения. Исследование М-ответа и СРВм по глубоко расположенным нервным стволам.

Электромиографическое исследование не следует проводить после физиотерапевтических и других лечебных процедур (например, электротерапии), а также после приема сильнодействующих лекарств, изменяющих функциональное состояние нервной системы.

## Типы ЭМГ.

1. Суммарная ЭМГ при полном расслаблении мышц - регистрируется обычно в положении лежа при выполнении обследуемым инструкции "максимально расслабить определенную мышцу". Амплитуда такой ЭМГ не превышает 4 - 8 мкВ и в основном отражает активность концевых пластинок мышц.

2. Биоэлектрическая активность для обеспечения поддержания поз (лежание, сидение, стояние) - характеризуется относительно небольшими по амплитуде потенциалами действия и умеренной частотой их импульсации. Величина амплитуды и частоты разрядов зависит от степени напряжения мышцы, участвующей в поддержании той или иной позы. Наибольшая амплитуда обычно наблюдается в мышцах нижних конечностей, несущих основную нагрузку при сохранении вертикальной позы. В этом случае амплитуда в среднем составляет 20 - 110 мкВ.

3. Рефлекторная суммарная активность - электроактивность, регистрируемая в мышцах при сухожильном и вибрационном рефлексах, а также при рефлексах "нагрузки" и "разгрузки". Амплитуда основных колебаний при этом варьируется в диапазоне 15 - 140 мкВ, а их частота равна 30 - 85 колебаниям в секунду. Конкретные величины определяются параметрами внешнего воздействия.

4. Интерференционная ЭМГ при статических усилиях - вид суммарной поверхностной ЭМГ, регистрируемой при развитии изометрического мышечного напряжения и поддержании его на достигнутом уровне. Значения амплитуды и частоты ЭМГ зависят от величины статического усилия. Наиболее высокие значения отмечаются при макси-мальном мышечном напряжении. Амплитуда может достигать 1,5 мВ, а частота - 160 колебаний в секунду.

5. Залповидная ЭМГ при циклической (динамической) деятельности характеризуется высокоамплитудными и высокочастотными потенциалами, генерируемыми в момент активных фаз многократно повторяемых двигательных

действий. Залповидные вспышки активности особенно отчетливо проявляются при выполнении локомоторных движений (бег, спортивная ходьба). Амплитуда и частота потенциалов действия определяются величиной мышечного напряжения, развиваемого в активных фазах движения. Так, у бегунов-спринтеров в момент фазы отталкивания амплитуда потенциалов достигает 1-2 мВ, а частота - 140-190 колебаний в секунду. В неактивные фазы движения отмечается незначительная фоновая биоэлектрическая активность.

6. Гиперсинхронизированная ЭМГ - вид поверхностной ЭМГ, регистрируемой в стадии явного утомления, а также при отчетливо выраженном треморе, наступающем в период резкого снижения работоспособности скелетных мышц. Этот тип ЭМГ характеризуется наличием высокоамплитудных гиперсинхронных потенциалов, наслаивающихся на фоновую насыщенную ЭМГ и превышающих ее по амплитуде. Амплитуда таких потенциалов колеблется в диапазоне 1 - 3 мВ, а частота составляет 6 - 18 колебаний в секунду.

7. Селективная (избирательная) ЭМГ - отражает электроактивность нескольких (1-3) различающихся по амплитуде и форме отдельных ДЕ мышц. Такая ЭМГ регистрируется с помощью электродов, имеющих малую отводящую поверхность, а также при введении искусственно созданной биологической обратной связи об активности ДЕ в виде звуковых или зрительных сигналов. В этом случае амплитуда потенциалов отдельных ДЕ составляет 130 - 600 мкВ, а частота - 6 - 50 импульсов в секунду. Величины амплитуды и частоты потенциалов зависят от степени мышечного напряжения.

## **2.2. Стабилография**

Стабилография - это метод количественного, пространственного и временного анализа устойчивости стояния. Суть методов стабилографических исследований сводится к оценке биомеханических показателей человека в процессе поддержания им вертикальной позы. Удержание равновесия человеком в вертикальной позе является динамическим феноменом, проявляющимся в

непрерывном движении его тела, которое является результатом взаимодействия вестибулярного и зрительного анализаторов, суставно-мышечной проприорецепции и высших отделов центральной нервной системы. Поэтому представляется очевидной связь характера этих движений с психофизиологическим состоянием человека.

Обязательным для компьютерных стабиллографических комплексов является наличие силокоординатной платформы, которую чаще называют стабильной платформой. На такой платформе располагается испытуемый человек или пациент в положении стоя или сидя, что определяется реализуемой методикой. С помощью трех или четырех датчиков силы, встроенных в стабильную платформу, измеряются реакции опор и затем вычисляются координаты центра давления (ЦД). Фактически с помощью компьютерного стабиллографа регистрируется траектория центра давления, оказываемого человеком на плоскость опоры, то есть на силовоспринимающую поверхность стабильной платформы.

Исследование проводится с использованием компьютерного стабиллоанализатора с биологической обратной связью «Стабилан-01-2», в состав которого входят: тензостабиллографическая платформа; тензоусилитель ТОПАЗ-4; блок нормирующих усилителей (БНУ); плата ввода-вывода аналоговых сигналов ADA-1292; персональный компьютер (ПК) со специальным программным обеспечением.

### **Области и задачи применения стабиллографии в спорте**

Разработанная методика стабиллографии даёт возможность решать ряд актуальных спортивно-педагогических задач: 1) исследовать статодинамическую устойчивость (СДУ) тела спортсмена и системы тел, дать количественную и качественную оценку этой устойчивости, дополнить знания о спортивной технике упражнений; 2) осуществлять контроль качества обучения упражнениям, связанным со сложным двигательным навыком сохранения равновесия тела; 3) определять функциональное состояние организма спортсмена по показателям СДУ, регистрируя состояние сенсорных систем и переносимость тренировочных

нагрузок по показателям координации ортоградного и перевернутого положения тела (до тренировки, после разминки, после видов многоборья и т.д.); 4) определять уровень и динамику тренированности функции балансирования в системе взаимодействующих тел; 5) проводить прогнозирование и профессиональный отбор спортсменов в команду.

Компьютерная стабилография на современном уровне развития позволяет выделить следующие направления ее в физической культуре и спорте: научно-исследовательское; контроль функционального состояния спортсменов; обучение и тренинг на основе компьютерных технологий; диагностика и реабилитация в спортивной медицине. Контроль функционального состояния спортсменов на основе методов и средств компьютерной стабилографии сегодня не имеет альтернатив по комфортности и времени обследования, высокой чувствительности к отклонениям функционального состояния, возможности формирования индивидуальных и групповых нормативов, а также мониторингу текущего состояния спортсменов. Контроль в спорте и физической культуре традиционно разделяется на следующие виды:

1) Отбор как на первоначальном этапе, так и на определенных этапах многолетней тренировки, важно в следующих видах спорта: горнолыжный, прыжки в воду, акробатика прыжковая, групповая акробатика, спортивная гимнастика, воздушная акробатика, альпинизм и др.

2) Текущее обследование состояния различных систем организма спортсмена: сердечно-сосудистой, дыхательной, различных систем ЦНС, мышечной, а также психологического состояния спортсмена. К этому разделу можно отнести и оценку общего состояния спортсмена, его готовности к сложнокоординационной деятельности в ходе тренировочного процесса, а также оценку воздействия различной нагрузки на адаптационные процессы спортсменов. Стабилографический контроль функционального состояния спортсмена может быть рекомендован для всех видов спорта ежедневно, или хотя бы через 1 – 2 дня.

3) Этапное обследование позволяет оценивать состояние спортсменов после выполнения тренировочных нагрузок определенного временного периода, рекомендуется проводить не реже одного раза в 1 – 2 месяца. Рекомендуется также проводить 1 раз в год в комплексном медицинском обследовании спортсмена.

Использование в компьютерном стабилографе биологической обратной связи различных модальностей позволяет использовать его в качестве тренажерного устройства, направленного на реабилитацию функции равновесия, координационных способностей, а также психологической устойчивости, грамотного тактического мышления, повышения роли отдельных сенсорных каналов при управлении движениями. Данное направление следует особо выделить как перспективное при условии создания искусственных сред, в которые составной частью входят стабилографические комплексы. Степень воздействия таких сред на сенсорные каналы спортсмена может быть максимально приближена к их виду спорта.

### **2.3. Иммуногистохимический анализ биоптатов скелетных мышц**

Для определения состава мышечных волокон, предварительно из *m. vastus lateralis* (под местной анестезией 1% раствором лидокаина) методом игольчатой биопсии по Бергстрему берут пробы мышечной ткани и замораживают в жидком азоте. Серийные поперечные срезы толщиной 10  $\mu\text{m}$  готовят в криостате при  $-20^{\circ}\text{C}$  и монтируют на предметные стекла. Для иммуногистохимического выявления изоформ ТЦМ используют иммунопероксидазную технику. Применяют антитела против медленных (MHCs) и быстрых (MHCf) цепей миозина (клоны NCL-MHCs и NCL-MHCf (a+v) (Novocastra Laboratories)). Срезы, которые инкубируют без первичных антител, используют как контроль для выявления неспецифической окраски. Для усиления метки антиген-антитело используется Vectrastain ABC kit (Vector Labs, CA), который визуализируется диаминобензидин пероксидазной реакцией. Распределение волокон выражали как

соотношение между числом волокон каждого типа на срезе к общему количеству волокон. Измеряли все волокна (200-300 волокон) на каждом срезе. Площадь поперечного сечения (ППС) измеряют не менее чем у 100 волокон каждого типа с помощью системы анализа изображений QUANTIMET-500 (Leica) с цветной цифровой видеокамерой JVC ТК-1280Е.

По соотношению мышечных волокон и степени их гипертрофии судят 1) о предрасположенности к занятиям видами спорта (преобладание быстрых волокон свидетельствует о высоком скоростно-силовом потенциале, и наоборот), 2) об адаптации мышечной системы к физическим нагрузкам (анализируемые свойства: гипертрофия волокон, уровень гликолитических и окислительных ферментов, количество митохондрий, плотность капилляров и др.).

#### **2.4. Тестирование анаэробной работоспособности**

Определение максимальных анаэробных возможностей производится в модифицированном тесте максимальной анаэробной мощности (тест «МAM»), на аппаратно-программном велоэргометрическом комплексе «Эргомакс». Тестирование состоит из двух последовательных стадий: «разминка» и «тест». Общая продолжительность разминки составляет 5 мин. Разминка проводится на велоэргометре с двумя последовательными нагрузками при постоянной частоте педалирования – 75 об/мин. без интервалов отдыха. Первая нагрузка, продолжительностью три минуты составляет 1 кПн (75 вТ), вторая нагрузка, продолжительностью две минуты составляет 2 кПн (150 вТ). В задачу спортсмена входит выполнение упражнения с установкой на достижение за 10 секунд максимальной частоты педалирования. Величина сопротивления остается постоянной и составляет  $100 \text{ г} \cdot \text{кг}^{-1}$ . Количество повторений – 3. Отдых между повторениями – 1 мин. Результаты эргометрического тестирования фиксируются на экране монитора. Дальнейшая обработка результатов происходит с использованием уникального программного обеспечения АП «Эргомакс».

В практике тестов на максимальную анаэробную мощность принято ставить тормозное усилие 7.5% от веса испытуемого (например, в тридцатисекундном тесте «Wingate»), но в десятисекундной работе такая нагрузка для тренированного спортсмена явно недостаточна. Испытуемый развивает частоту педалирования более 160-170 оборотов в минуту и ограничение мощности возникает из-за невозможности вращать педали быстрее. Из практики тестирования в системе «Эргомакс» нагрузка устанавливается следующим образом: тренированные спортсмены-мужчины 10% от веса тела; тренированные спортсмены-женщины 7.5%-10% в зависимости от вида спорта; остальные испытуемые 7.5%.

Максимальная мощность служит количественной оценкой максимума алактатной анаэробной мощности. Константа скорости начального нарастания мощности педалирования в исполняемом лабораторном тесте или, в более упрощённом виде, градиент мощности ( $W_{max}/t_v$ , где  $W_{max}$  - максимальная усреднённая мощность, а  $t_v$  - время выхода на  $W_{max}$ ) оценивают скорость развития процесса активации мышечного сокращения в ответ на прилагаемый стимул. Этот параметр, выводимый из анализа эргометрической кривой изменения мощности педалирования на велоэргометре, может служить количественной оценкой алактатной анаэробной эффективности. Время удержания максимальной мощности педалирования отражает ту часть от общих запасов КрФ в работающих мышцах, которая может быть использована для поддержания максимальной скорости ресинтеза АТФ (примерно 1/3 от общих запасов КрФ в скелетных мышцах), т. е. этот показатель может быть идентифицирован как эффективная алактатная анаэробная мощность.



## Заключение

Тренировочный процесс спортсменов должен быть построен таким образом, чтобы адаптация сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем к физическим нагрузкам осуществлялась по рациональному пути, и приводила к росту спортивных результатов без вреда для здоровья. Адаптации сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам может идти двумя путями. Так, у одних спортсменов в процессе многолетних тренировок на выносливость вырабатываются оптимальные кардиальные механизмы регуляции, обеспечивающие 1) экономизацию работы сердца в условиях покоя и 2) максимальную его производительность при предельных физических нагрузках. В свою очередь у других спортсменов адаптация ССС к физическим нагрузкам может осуществляться по нерациональному пути, что приводит к патологическому ремоделированию спортивного сердца и снижению физической работоспособности.

Адаптация нервно-мышечной системы спортсменов связана с морфологическими изменениями в тканях и органах (гипертрофия, гиперплазия, капилляризация и др.), возникающими в ответ на двигательную деятельность в тренировочных и соревновательных условиях. Одним из видов адаптации нервно-мышечной системы спортсменов является изменение метаболического профиля мышечных волокон, которое может сопровождаться их гипертрофией и ростом кровеносных сосудов.

В связи с развитием диагностической техники появились новые и эффективные методики оценки степени адаптации организма спортсменов к выполнению физических нагрузок, исследованы корреляционные взаимоотношения между многими клиническими критериями функционального состояния, что существенно повысило эффективность контроля тренировочного процесса.