



И.В. СУСЛИНА
Д.В. МЕДВЕДЕВ
Е.П. ГОРБАНЁВА
И.Н. СОЛОПОВ



ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СПОРТСМЕНОВ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОЛГОГРАДСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ»

И.В. СУСЛИНА, Д.В. МЕДВЕДЕВ,
Е.П.ГОРБАНЁВА, И.Н. СОЛОПОВ

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СПОРТСМЕНОВ

Учебно-методическое пособие



Волгоград 2012

**ББК 75.03
С909**

Рецензенты:

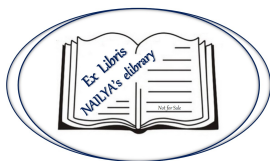
Доктор медицинских наук, профессор С.В. Клаучек
Доктор биологических наук, профессор Н.Н. Сентябрев

*Рекомендовано Ученым Советом ФГБОУ ВПО «Волгоградская
государственная академия физической культуры»*

СУСЛИНА И.В., МЕДВЕДЕВ Д.В., ГОРБАНЁВА Е.П., СОЛОПОВ И.Н.
**С909 ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ
ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ
СПОРТСМЕНОВ:** учебно-методическое пособие. - Волгоград:
ФГБОУ ВПО «ВГАФК», 2012.- 106 с.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов, магистрантов, обучающихся по направлению подготовки 034300.68 «Физическая культура» и аспирантов специальности 03.03.01 – «Физиология». Пособие может быть использовано специалистами, работающими в области физиологии спорта, специалистами физической культуры, тренерами. В учебно-методическом пособии представлены основные методы контроля и оценки функциональной подготовленности и функционального состояния организма. Приводится описание широкого круга методов диагностики состояния дыхательной, сердечно - сосудистой систем организма и физической работоспособности. Учебно-методическое пособие подготовлено с целью улучшения качества знаний студентов и эффективности преподавания теоретического и практического курсов общей и спортивной физиологии, повышения мотивации студентов при подготовке к семинарским занятиям, зачетам, экзаменам.

ББК 75.03



© Суслина И.В., Медведев Д.В., Горбанёва Е.П.,
Солопов И.Н., 2012
© ФГБОУ ВПО «Волгоградская государственная
академия физической культуры, 2012

О Г Л А В Л Е Н И Е

ВВЕДЕНИЕ	4
Глава 1. ПОНЯТИЕ О ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СПОРТСМЕНОВ И ЕЕ СТРУКТУРЕ	8
Глава 2. ОСНОВЫ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО КОНТРОЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СПОРТСМЕНОВ	12
Глава 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ	15
3.1. Факторы, обуславливающие физическую работоспособность спортсменов	15
3.2. Роль различных категорий факторов в обеспечении физической работоспособности у спортсменов на разных этапах подготовки.	20
3.3. Значение различных факторов в обеспечении физической работоспособности у спортсменов разной специализации	30
3.4. Методы определения физической работоспособности	40
3.5. Дифференцированный контроль физической работоспособности	46
Глава 4. ДИАГНОСТИКА ПСИХОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СПОРТСМЕНОВ	49
Глава 5. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ НЕЙРОДИНАМИЧЕСКОГО КОМПОНЕНТА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СПОРТСМЕНОВ	54
Глава 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ЭНЕРГОПРОДУКЦИИ СПОРТСМЕНОВ	56
6.1. Исследование развития анаэробных возможностей	56
6.2. Определение аэробной производительности	56
6.3. Определение порога анаэробного обмена	59
Глава 7. ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ У СПОРТСМЕНОВ	60
7.1. Исследование биоэлектрической активности сердечной мышцы .	60
7.2. Исследование параметров гемодинамики	73
7.3. Исследование вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы	82
Глава 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ	90
8.1. Понятие о паттерне дыхания	90
8.2. Методы исследований функции внешнего дыхания	91
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	105

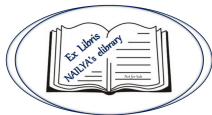


ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебно-методическое пособие предназначено для студентов, изучающих дисциплину физиология человека в высших учебных заведениях физкультурного и медицинского профилей. В современных условиях перехода высшего профессионального образования на новый Федеральный государственный образовательный стандарт, сущностью которого является формирование общекультурных и профессиональных компетенций у студента-выпускника, чрезвычайно важно предоставить обучающемуся качественное учебно-методическое обеспечение, содержащее необходимый объем информации для усвоения теоретического и практического курсов дисциплины, а также успешного прохождения контрольно-итоговых испытаний.

Основными задачами данного пособия состоят в том, чтобы на основе знаний различных методов регистрации параметров физиологических систем студент смог научиться самостоятельно оценивать функциональное состояние организма человека в различных условиях жизнедеятельности, включая процесс спортивной подготовки. Выявлять на основе динамики показателей особенности адаптации физиологических систем к специфической мышечной деятельности при систематической спортивной тренировке. Подбирать комплекс адекватных методов, позволяющих выявить срочные, отставленные и кумулятивные эффекты воздействия на организм, как физических нагрузок различного характера, так и экстремальных факторов внешней среды. Кроме того, знакомство с обширным арсеналом современных методов физиологических исследований поможет студенту в решении физиологических кейс-задач, используемых в новом стандарте для контроля и оценки усвоения материала по дисциплине.

Предлагаемым пособием рекомендуется пользоваться параллельно с изучением разделов тематического плана учебной дисциплины физиология.



Глава 1. ПОНЯТИЕ О ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СПОРТСМЕНОВ И ЕЕ СТРУКТУРЕ

Само понятие функциональная подготовленность весьма сложно и многозначно. Исходя из определения слова функция, которое в физиологическом смысле трактуется как отправление организмом, органами и системами органов своих действий, следует, что функциональная подготовленность есть готовность организма к выполнению определенной деятельности (Шамардин, 2000).

В этом плане наиболее точно и полно понятие функциональная подготовленность отражает следующее определение: «Функциональная подготовленность спортсменов — это относительно установившееся состояние организма, интегрально определяемое уровнем развития ключевых для данного вида спортивной деятельности функций и их специализированных свойств, которые прямо или косвенно обуславливают эффективность соревновательной деятельности» (Мищенко, 1990).

В.С.Фоминым (1984) применительно к спорту, функциональная подготовленность рассматривается как уровень слаженности взаимодействия (взаимосодействия) психического, нейродинамического, энергетического и двигательного компонентов, организуемое корой головного мозга и направленное на достижение заданного спортивного результата с учетом конкретного вида спорта и этапа подготовки спортсмена.

Имея в виду, что выполнение мышечной работы в спорте обеспечивается деятельностью большого числа систем и органов, функциональная подготовленность должна пониматься не как отдельное отправление какого-либо из этих органов, а как отправление функциональной системы, объединяющей эти органы для достижения необходимого спортивного результата (Фомин, 1984, 1986).

В нашем понимании функциональная подготовленность спортсменов это - способность обеспечить должный уровень деятельности органов, систем и организма необходимый для выполнения специфической (спортивной) мышечной (физической) нагрузки (работы) в рамках регламентированного двигательного акта (техники движения) (Солопов, 2001).

Уровень функциональной подготовленности является биологической базой для других видов спортивной подготовки. Функциональная подготовленность может быть общей и специальной. Задачей развития общей функциональной подготовленности является формирование кислород-транспортных систем и утилизации кислорода, обеспечивающих рост аэробных резервов организма, энергообеспечения, нервно-мышечной, гормонально-гуморальной систем.

Функциональная подготовка - планомерный, многофакторный процесс управления индивидуальными биологическими резервами организма

человека с использованием различных средств и методов физической, технической, тактической и психической подготовки.

Целью функциональной подготовки в спорте является расширение границ функциональной адаптации, позволяющей без ущерба для здоровья переносить повышенные объемы тренировочных и соревновательных нагрузок, достигая при этом высокого спортивного мастерства (Кудашова, 2000).

Нам представляется, что в современных условиях в тренировочном процессе спортсменов следует использовать не только физические упражнения, разнообразно структурируя их в рамках тех или иных методов, но и в обязательном порядке необходимо применять уже не как дополнительные, а как интегративно составляющие средства целенаправленного воздействия на ключевые для определенной специфической спортивной деятельности функциональные процессы, свойства, функциональные системы и организм в целом.

Кроме того, совершенствование функциональной подготовленности спортсменов должно идти по пути ее комплексной целевой оптимизации. Безусловны необходимость и действенность учета закономерностей адаптации, дифференцирования нагрузок по направленности воздействия в зависимости от индивидуальных особенностей спортсменов, этапа многолетней подготовки, дальнейшей рационализации системы восстановительных мероприятий, объективизации контроля динамики состояния спортсменов по ходу учебно-тренировочного процесса.

В этом плане весьма интересны представления болгарского специалиста Ф.Генова (1971) по вопросам подготовленности спортсменов. В спортивной подготовленности, при всей ее целостности, он выделил следующие основные стороны (подструктуры ее целостной структуры): *физиологическая подготовленность*, определяемая приспособительными изменениями, наступающими в организме спортсмена в результате тренировки в данном виде спорта, *психологическая подготовленность*, характеризующаяся приспособительными изменениями, наступающими в психике человека в связи со специфической деятельностью в данном виде спорта, *техническая подготовленность*, определяется уровнем развития у спортсмена способности к выполнению соответствующих по форме и интенсивности двигательных действий и *социальная подготовленность*, определяемая мотивами выполняемой спортивной деятельности (объединяющее звено).

Несколько позднее В.С.Фоминым (1984) функциональная подготовленность спортсменов рассматривается как уровень слаженности взаимодействия (взаимосодействия) четырех компонентов: *психического* (восприятие, внимание, оперативный анализ ситуации, прогнозирование, выбор и принятие решения, быстрота и точность реакции, скорость переработки информации, другие функции высшей нервной деятельности), *нейродинамического* (возбудимость, подвижность и устойчивость, напряженность и стабильность вегетативной регуляции), *энергетического* (аэробная и ана-

эробная производительность организма) и *двигательного* (сила, скорость, гибкость и координационные способности (ловкости)).

Компоненты функциональной подготовленности находятся в определенном взаимодействии (взаимосодействии) (Фомин, 1984). Архитектура этих взаимосвязей, на наш взгляд, подчиняется определенной иерархии, что в свою очередь может быть основанием для условного деления компонентов и функций на глобальные (интегральные) и вспомогательные (частные).

Необходимо отметить, что приведенная схема достаточно условна и выглядит несколько обобщенно. Возможно, следовало бы в большей степени конкретизировать частные функции по каждому глобальному компоненту. Ее можно было бы дополнить и качественными характеристиками в соответствие с критериями выделенными В.С.Мищенко (1990) – мощности, подвижности, экономичности, устойчивости функционирования и реализации функциональных возможностей. При этом эти фундаментальные свойства следует рассматривать, не как компоненты функциональной подготовленности, а именно как характеристики и свойства тех или иных компонентов функциональной подготовленности.

В настоящий момент мы рассматриваем функциональную подготовленность как физиологическую основу, базу всех остальных видов подготовленности. Вероятно, следует говорить о функциональной составляющей в каждом виде специально-технической подготовленности – технической, физической, тактической и психической. В этом плане стоит вспомнить утверждение Ф.Генова (1971), который отмечал, что «физиологическая подготовленность» является основой всей спортивной деятельности и особенно той, которая требует протекания ряда физиологических функций организма спортсмена на максимальном уровне».

Что же в конечном итоге составляет сущность функциональная подготовленности? Если сущностью, например, физической подготовленности считают уровень развития двигательных способностей и качеств и внешнее их проявление, то сущностью функциональной подготовленности следует признать уровень совершенства физиологических механизмов, их готовность обеспечить на данный момент, проявления всех необходимых для спортивной деятельности качеств.

Таким образом, имея ввиду все выше изложенное, по нашему мнению функциональная подготовленность спортсменов представляет собой базовое, комплексное, многокомпонентное свойство организма, сущностью которого является уровень совершенства физиологических механизмов, их готовность обеспечить на данный момент, проявления всех необходимых для спортивной деятельности качеств, обуславливающее, прямо или косвенно, мышечную деятельность, физическую работоспособность в рамках специфического регламентированного двигательного акта.

Структура функциональной подготовленности спортсменов может быть представлена в виде следующих компонентов, находящихся на разных уровнях и в определенном взаимодействии друг с другом (рис. 1):

- *информационно-эмоциональный компонент*, включает процессы сенсорного восприятия, памяти и эмоциональных проявлений;
- *регуляторный компонент*, объединяет механизмы моторного, вегетативного и коркового контуров регуляции;
- *двигательный компонент* включает функции опорно-двигательного аппарата;
- *энергетический компонент* отражает мощность, подвижность, емкость и эффективность аэробного и анаэробного механизмов энергопродукции;
- *психический компонент* проявляется в уровне развития психических качеств, уровне психического состояния и психической работоспособности.



Рис. 1. Структура функциональной подготовленности спортсменов и ее качественные характеристики (Солопов и др., 2010).

Информационно-эмоциональный, регуляторный и энергетический компоненты являются неспецифическими и составляют «базовый уровень функциональной подготовленности». При этом информационно-

эмоциональный и регуляторный компоненты обеспечивают функцию управления.

Специфические, двигательный и психический компоненты составляют «специально-базовый уровень функциональной подготовленности».

«Специальный уровень подготовленности», представляет собой надстройку над функциональной подготовленностью, включает физический, технический и тактический виды подготовленности, через которые интегрально проявляются функциональные возможности, обусловливаемые развитием свойств и качеств компонентов первого и второго уровней, в виде специфической двигательной функции.

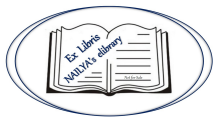
Данное структурирование в определенной мере интегрирует предложенные ранее, как нами, так и другими авторами, построения структуры функциональной подготовленности спортсменов. Здесь отражены представления о разноуровневости компонентов и свойств, специфичности функциональных отправления, их взаимосвязанность и взаимообусловленность.

В нашей схеме отражено понимание функциональной подготовленности как базового генерального свойства организма, являющегося основой для специфической двигательной функции, проявляющейся в виде спортивно-технического результата, который реализуется через проявление физической, технической и тактической подготовленности спортсмена. Эти виды подготовленности рассматриваются нами именно как спортивно-технические параметры проявления специфической двигательной функции.

При этом структура функциональной подготовленности, наличие всех ее компонентов, будут обязательными для всех видов деятельности, но роль, значение тех или иных компонентов, совершенство определенных механизмов, уровень развития функциональных свойств и характеристик, их сочетание и взаимообусловленность, будут весьма специфичны для каждого конкретного вида деятельности, более того, даже для конкретной специализации в рамках вида спорта (амплуа, дистанция и т.п.). И конечно они будут различаться на разных этапах адаптации к ней (Мищенко, 1990; Кучкин, 1999; Солопов, Шамардин, 2003).

Особо следует отметить, что совершенство физиологических механизмов, лежащих в основе функциональных возможностей в большой мере зависит от их функциональных свойств - мощности, мобилизации, экономичности и устойчивости, выступающих как качественные характеристики функционирования физиологических систем, в большой мере обуславливающих высокий уровень физической работоспособности, выступающей в качестве интегрального показателя функциональной подготовленности (Мищенко, 1990; Солопов, Шамардин, 2003; Горбанева, 2008).

Рассматривая каждое функциональное свойство (характеристику) в отдельности, можно отметить, что мощность представляет собой верхний предел функционирования физиологических систем, или даже групп систем, составляющих те или иные структурные компоненты функциональной



подготовленности. Мощность функционирования всех механизмов, обеспечивающих физическую работоспособность, рассматривается как специфическая характеристика, определяемая уровнем энергопродукции и энергозатрат, необходимых для выполнения механической работы в движениях различного рода. Количественной мерой функциональной мощности является скорость, прежде всего, энергозатрат, связанная с выполнением механической работы мышцами тела и достижением требуемого эффекта. К наиболее информативным показателям функциональной мощности относятся величины максимальной аэробной производительности и максимальная мощность кратковременной мышечной нагрузки. Вместе с тем отмечается, что высокая мощность не является безусловной характеристикой высокого уровня функциональных возможностей. Согласно литературным источникам, в качестве факторов мощности рассматриваются характеристики морфофункционального статуса организма, а также показатели физиологических систем, регистрируемые при максимальных мышечных нагрузках и отражающие максимум мощности функционирования организма (Горожанин, 1984; Мищенко, 1990; Горбанева, 2008).

Одним из ключевых моментов развития адаптированности является повышение мобилизационных возможностей или «функциональной мобилизации», что выражается в более быстром выходе функциональных систем на необходимый уровень изменений при начале выполнения физической нагрузки, повышении предельных возможностей организма в процессе специфической мышечной деятельности, повышении способности организма удерживать высокий уровень интенсификации функций, ускорении и повышении эффективности течения восстановительных процессов (Волков, 1990; Солодков, 1995; Горбанева, 2008).

Функциональная мобилизация в общем виде обуславливает функциональные изменения во время вработывания при постоянной мощности выполняемой мышечной работы и предел этих изменений, в случае увеличивающейся или максимальной мощности физической нагрузки (Горбанева, 2008).

Высокая скорость реагирования на нагрузку, быстрая мобилизация функций в начальной части нагрузки и такое же быстрое их восстановление чрезвычайно важны для функциональных возможностей организма в условиях переходных режимов интенсивности физической нагрузки (Горбанева, 2008). Мобилизация функциональных резервов организма в экстремальных условиях спортивной деятельности реализуется на всех уровнях организации приспособительной активности и подвержена влиянию целого ряда факторов (Волков, 1990).

Функциональная устойчивость рассматривается как одно из условий оптимального функционирования основных физиологических систем в процессе выполнения конкретных двигательных задач в заданных рамках внешних условий, т.е. – высокой физической работоспособности (Артамонов, 1989). Функциональная устойчивость физиологических систем гене-

ральное многокомпонентное свойство, обеспечивающее эффективное функционирование организма в условиях существенных сдвигов гомеостаза, носит системный характер и имеет специфические особенности структуры и проявления в зависимости от характера и интенсивности физической нагрузки и индивидуально-типологических свойств организма, характеризуется и обуславливается гетерохронным включением полимодальных разноуровневых физиологических механизмов при росте адаптированности к мышечным нагрузкам (Горбанева, 2008; Солопов и др., 2010).

Важнейшим фактором, определяющим и отражающим уровень функциональной подготовленности спортсмена, является высокая экономизация функционирования организма, характерная для большинства видов спорта (Летунов, 1967). Экономичность работы зависит от возможностей ряда функциональных систем и механизмов, совершенства техники движений.

Функциональная экономизация проявляется в формировании трех адаптационных приспособлений. Во-первых, в более быстром усилении функций в начале работы, что увеличивает долю участия в ее энергетическом обеспечении выгодных аэробных процессов. Во-вторых, в уменьшении функциональных сдвигов и снижении энергетических расходов во время нагрузки. И в третьих, в ускорении восстановительных процессов (Горбанева, 2008; Солопов и др., 2010).

В той или иной мере спортивная деятельность человека, какой бы качественной формы работоспособности она не требовала, осуществляется одним и тем же имеющимся у него набором мышечных групп, реализуется одними и теми же центральными и периферическими механизмами, функционально и энергетически обеспечивается одними и теми же физиологическими системами организма (Верхошанский, 1988). Однако в зависимости от вида спорта физическое упражнение будет иметь специфические характеристики, которые соответственно будут обеспечиваться специфическим соотношением роли (вклада) различных компонентов функциональных возможностей организма. Значение тех или иных компонентов (составляющих частей) функциональных возможностей будет обусловлено кроме специфики физического упражнения (основного фактора структурирования функционального потенциала) ещё и возрастными, половыми, климатическими, морфологическими и многими другими особенностями организма.

Глава 2.

ОСНОВЫ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО КОНТРОЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СПОРТСМЕНОВ

Оптимальное развитие функциональной подготовленности может быть обеспечено только при эффективной системе контроля, являющегося неотъемлемой частью процесса управления. При оценке подготовленности необходимо исходить из необходимости регистрировать возможности спортсмена по всем важнейшим качествам и способностям, определяющим спортивный результат, т.е. необходимо ориентироваться на данные о структуре тренированности (Платонов, 1975).

Определяют три основные группы функций, состояние которых в обязательном порядке рекомендуется диагностировать при комплексном контроле:

- совокупность морфологических и двигательных показателей, характеризующих двигательные способности,
- энергетические критерии, включающие энергетические процессы и системы обслуживания энергетических функций,
- функции, обуславливающие нервно-гуморальную регуляцию (Волков, цит. по: Кубаткин, 1982).

Комплексный контроль предусматривает четыре уровня показателей подготовленности спортсменов:

- 1) интегральный, отражающий суммарный эффект функционального состояния организма;
- 2) комплексный, характеризующий одну из функциональных систем организма спортсмена;
- 3) дифференциальный, характеризующий только одно свойство системы организма;
- 4) единичный, раскрывающий одну величину, одно отдельное свойство системы организма (Смирнов, 1976).

Методологическую основу комплексного контроля составляют:

- 1) правильный выбор тестов и их соответствие статистическим критериям надежности, объективности и информативности;
- 2) определение оптимального объема показателей для оценки функционального состояния и уровня подготовленности спортсменов, его достаточность, стандартизация условий и истоков получения информации;
- 3) соответствие методов контроля задачам тестирования (Набатникова и др., 1982).

В процессе тренировки физическое состояние спортсмена постоянно изменяется. Вследствие этого было предложено классифицировать физические состояния спортсмена в зависимости от длительности промежутка времени, необходимого для перехода из одного состояния в другое на три вида:

1) этапные (перманентные) состояния, - сохраняющиеся относительно длительное время, недели или месяцы;

2) текущие, - изменяющиеся под влиянием одного или нескольких занятий;

3) оперативные, - изменяющиеся под влиянием однократного выполнения физических упражнений и являющимися преходящими (Зациорский, 1971, 1979).

В связи с обозначенными состояниями выделяют соответствующие им виды контроля, объем и содержание исследований в которых находится в зависимости от диагностики конкретного физического состояния спортсмена:

- этапный контроль отражает суммарный тренировочный эффект в мезоцикле (месяц, этап подготовки и т.п.);

- текущий контроль оценивает срочный тренировочный эффект после нескольких тренировочных занятий;

- оперативный контроль оценивает эффект одного занятия или его части (Зациорский, 1971, 1979).

Организационно-методические положения комплексного контроля должны основываться на следующих принципиальных установках:

- комплексность контрольных измерений, характеризующие уровень физической, технической, тактической, функциональной и психологической подготовленности спортсменов и оценку состояния здоровья;

- ориентация на ведущие факторы соревновательной деятельности в связи с особенностями становления технико-тактического мастерства спортсменов на этапах их возрастного развития;

- специфичность методов исследования в зависимости от характерных черт вида спорта и конкретной специализации;

- включение в систему контроля как показателей, являющихся базовыми для спортивного совершенствования, так и отражающих уровень специальной подготовленности;

- опора на объективные показатели адаптивных реакций организма спортсменов;

- использование наиболее информативных и необременительных для спортсменов методик исследования;

- строгий учет параметров учебно-тренировочных нагрузок, а также результатов этапных и основных соревнований;

- рациональный подбор методов исследования для различных видов контроля (этапного, текущего, оперативного), а также для углубленного медицинского обследования (Зельдович, 1975).

Специфика мышечной деятельности и вся направленность тренировочного процесса определяют особенности диагностики функционального состояния, направленные на контроль за адаптацией тех систем и функций организма, которые являются ведущими в данном виде или группе видов

спорта, объединенных характером двигательной деятельности (Иорданская, 1984).

В циклических видах спорта комплексный контроль основан на выделении показателей, имеющих высокую корреляционную связь со спортивным результатом. Осуществляется он методами контроля, характеризующими уровень общей и специальной подготовленности спортсмена, а также степень напряженности основных функциональных систем.

В скоростно-силовых и технически сложных видах спорта комплексный контроль предусматривает исследование морфофункциональных признаков, особенностей высшей нервной деятельности и уровня проявления личностных качеств, определение координационных способностей, физической и технической подготовленности спортсменов.

В игровых видах спорта в структуру комплексного контроля включаются сведения об уровне технико-тактического мастерства, физической подготовленности, функциональном состоянии спортсменов, психической устойчивости к сбивающим факторам.

Указывается, что подход к выбору тестов, к составлению диагностической программы и анализу результатов для различных видов спорта должен учитывать не только его специфику и этап подготовки, но и возрастно-половой состав, игровое амплуа, весовые категории и другие факторы (временная адаптация, тренировка в среднегорье и др.), имеющие место (Иорданская, 1997; Тихомиров, 1997).

Глава 3.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Тестирование физической работоспособности является важнейшей составной частью комплексного контроля спортсменов, так как с его помощью определяются функциональные возможности организма, выявляются слабые звенья адаптации к нагрузкам и факторы, ее лимитирующие. Роль тестирования особенно возрастает в игровых видах спорта, где оценить работоспособность сложно в связи со спецификой двигательной деятельности (Иорданская и др., 1985).

Различают эргометрические и физиологические показатели физической работоспособности. Для оценки работоспособности при двигательном тестировании используется совокупность этих показателей – результат проделанной работы и уровень адаптации организма к данной нагрузке (Аулик, 1979).

3.1. Факторы, обуславливающие физическую работоспособность спортсменов

Основными структурными элементами физической работоспособности как многофакторной системы являются индивидуальная предельная мощность деятельности физиологических функций, экономичность расходования энергетических и функциональных резервов организма, рабочий диапазон эффективной деятельности физиологических функций и скорость протекания обменных процессов (Мищенко, 1980).

Известно, что физическая работоспособность зависит от целого ряда факторов, определяющих и лимитирующих ее (Мищенко, 1980, 1990; Кучкин, 1986; Уткин и др., 1986; Артамонов, 1989). Работоспособность всегда обеспечивается функционированием одних и тех же систем организма, на ее уровень влияют одни и те же факторы, но роль этих систем и факторов различна в зависимости от спортивной специализации, возраста, этапа подготовки и др. (Алешков, Невмянов, 1978; Фомин, 1984; Верхошанский, 1985, 1988; Смирнов, 1987; Кучкин, 1999).

В ходе многолетней тренировки повышение уровня специальной работоспособности спортсмена характеризуется линейной связью со спортивным результатом. Динамика же разных функциональных показателей обнаруживает различные тенденции. Для одних функциональных показателей, оказывающих существенное влияние на повышение спортивных достижений лишь на начальном этапе тренировки, характерен замедляющийся темп прироста. Для ряда других показателей типичен ускоренный прирост на среднем уровне мастерства и затем некоторое его замедление. Третья группа функциональных показателей обнаруживает ускоренный прирост и имеет высокую корреляцию со спортивным результатом на этапе высшего мастерства. Наконец, часть функциональных показателей повышается относи-

тельно равномерно и незначительно, как следствие целостной приспособительной реакции организма (Верхошанский, 1988; Кучкин, 1999).

Отмечается, что высокий уровень функциональных возможностей у различных спортсменов достигается при различной степени развития различных факторов: мощности, подвижности, экономичности, устойчивости (Мищенко, 1990). Вместе с тем, включение различных категорий факторов в обеспечение высокой работоспособности имеет определенную иерархию и этапность (Верхошанский, 1985; Кучкин, 1990, 1999).

При организации комплексного контроля подготовленности спортсменов следует учитывать, что на различных этапах многолетней спортивной тренировки вклад в обеспечение работоспособности различных резервов организма не равнозначен. В этом плане весьма показательны исследования С.Н.Кучкина (1986), на основании которых им было сформулировано представление о резервах дыхательной системы, которое во многом определяет стратегию оценки и диагностики функционального состояния респираторной системы.

На основе экспериментов с участием спортсменов различной квалификации и возраста были выделены три категории резервов дыхательной системы:

1. Резервы мощности характеризуют уровень морфофункциональных возможностей аппарата внешнего дыхания. К ним относятся показатели ЖЕЛ, пневмотахометрии, МВЛ, МОД тах, силы и выносливости дыхательных мышц.

2. Резервы мобилизации определяют способность дыхательной системы реализовать собственные морфофункциональные возможности в условиях мышечной работы. Это показатели отношения величины дыхательного объема на уровне МПК к величине ЖЕЛ и МОД/МВЛ в процентах.

3. Резервы эффективности/экономичности характеризуются слаженностью в работе звеньев дыхательной функции, отражают энергетическую стоимость вентиляции и в конечном итоге - к.п.д. дыхания в целом. Состояние этих резервов отражают показатели коэффициента использования кислорода (KIO_2) при МПК, процент поглощения кислорода воздуха и показатель кислородного эффекта дыхательного цикла ($KЭ$ дц при МПК)

Динамика развития дыхательной функции в течение многолетней спортивной подготовки (и различных параметров дыхательной функции) характеризуется этапностью включения различных так называемых «резервов» дыхательной системы в обеспечение кислородом организма при мышечной работе, или, иначе говоря, - в обеспечение аэробной производительности. На начальных этапах адаптации доминирующее значение имеет повышение резервов мощности. Далее, на этапе спортивного совершенствования, включаются резервы мобилизации. И на завершающем этапе адаптации к мышечным нагрузкам наступает мобилизация резервов эффективности - экономичности, что приводит к совершенствованию работы всей



функциональной системы кислородного обеспечения организма, повышению ее КПД (Кучкин, 1986).

Рассматривая этот вопрос в другой плоскости, указывается, что совершенствование аэробной производительности происходит не вполне равномерно во всех эффекторных системах (вентиляция, циркуляция крови и утилизация организмом кислорода), определяющих кислородное обеспечение организма, в результате чего на различных этапах адаптации значимость той или иной системы становится доминантной. Исследования показали, что совершенствование аэробной производительности в процессе адаптации организма к напряженным мышечным нагрузкам представляет сложный процесс, который протекает в соответствии с тремя этапами адаптации: на начальном этапе наиболее существенное значение играет повышение объема и вентиляторной функции легких, на втором наиболее значим вклад со стороны сердечно-сосудистой системы (фактор циркуляции) и на заключительном - факторы, обеспечивающие высокую степень утилизации организмом кислорода. Полученные факты свидетельствуют в целом о том, что адаптация приводит к определенному частичному замещению более «дорогостоящих» в энергетическом отношении функций дыхания (в особенности) и кровообращения на энергетически менее емкую систему утилизации тканями O_2 (Кучкин, 1990).

Исходя из вышеизложенного, возможно дифференцировать основные параметры, характеризующие функциональное состояние дыхательной системы и имеющие наибольшее диагностическое значение на том или ином этапе спортивного совершенствования, которые могут быть использованы для контроля подготовленности спортсменов (Солопов, 1999).

Весьма велика вероятность, что такая иерархия резервов характерна и для других функциональных систем организма, определяющих и лимитирующих специальную работоспособность, а значит подобный подход может оказаться весьма перспективным для оценки функционального состояния не только одной дыхательной системы, но и организма в целом.

Подтверждением этого является методологический подход к исследованию механизмов физической работоспособности и оценке ее готовности В.С.Горожанина (1984), только уже в отношении двигательной системы. Он рассматривает функциональную двигательную систему как взаимосвязанную систему из трех блоков: блока управления и координации, блока энергообеспечения и блока элементов передвижения.

В качестве характеристик функционирования отдельных блоков двигательной системы предлагается использовать: 1) мощность (режим работы) двигательной системы, 2) «устойчивость» двигательной системы (более точно - «устойчивость» блока энергообеспечения), 3) экономичность двигательной системы (Горожанин, 1984).

Мощность (режим работы) двигательной системы, определяется как специфическая характеристика, обусловливаемая уровнем энергозатрат, необходимых для выполнения механической работы в движениях различно-

го рода. Количественной мерой мощности выступает скорость энергозатрат, связанная с выполнением механической работы мышцами тела и достижением требуемого эффекта, например, развитием определенной скорости ходьбы или бега.

Устойчивость двигательной системы (устойчивость блока энергообеспечения) определяется как способность всей системы энергообеспечения функционировать длительное время в условиях постоянного изменения параметров внутренней среды и генерировать при этом необходимое количество энергии, требуемой для выполнения механической работы.

Понятие устойчивости тесно связано с понятием гомеостаза. Практической оценкой степени устойчивости блока энергообеспечения может служить величина МПК, которая представляет собой интегральную характеристику, связанную с деятельностью сердечно - сосудистой системы, дыхания, транспорта газов крови и системы тканевой утилизации кислорода. (Горожанин, 1984; Кучкин 1986).

Экономичность двигательной системы определяется как ее свойство надежно выполнять механическую работу при возможно меньших затратах энергии. Выделяется три компонента экономичности двигательной системы человека: 1) физиологический компонент экономичности, определяемый экономичностью функционирования физиологических функций, 2) биомеханический компонент, определяемый экономичностью выполнения движений (техникой), 3) антропометрический компонент, определяемый особенностями телосложения.

Предложенный методический подход к исследованию механизмов физической работоспособности открывает ряд перспектив для практики спорта. В частности, определение и количественная оценка трех характеристик двигательной системы - мощности, устойчивости, экономичности - позволяет с довольно высокой степенью точности прогнозировать потенциально возможные достижения в циклических видах спорта, требующих высокой работоспособности.

Не менее важен учет перечисленных характеристик и для ациклических видов спорта, в которых роль физической работоспособности хотя и не является первостепенной, однако также довольно велика. В этих видах спорта рост достижений в значительной мере будет определяться учетом точных оценок мощности и экономичности двигательной системы, а также разработкой средств и методов, направленных на их развитие (Горожанин, 1984).

Отмечается, что основными факторами физической работоспособности являются функциональные резервы организма и качество их регулирования. Под функциональными резервами понимают возможности организма так изменять интенсивность своих функций, а также взаимодействие между ними, чтобы достигался некоторый оптимальный для конкретных условий уровень функционирования организма (Артамонов, 1989).

Как уже отмечалось, физическая работоспособность спортсменов зависит от целого ряда факторов, ее определяющих и лимитирующих. Достаточно хорошо изучены такие факторы как: энергетический, уровень развития аэробной и анаэробной производительности, двигательный - развитие основных двигательных качеств с акцентом на ведущее качество в зависимости от вида спорта, нейродинамический, определяемый состоянием центральной нервной системы. Эти компоненты в определенной мере специфичны для разных видов спорта (Смирнов, 1987).

Комплекс функциональных резервов организма включает в себя следующие составляющие:

1. Предельная мощность функционирования организма связана с уровнем энергетического обмена, активностью гормональной и ферментативной деятельности, морфофункциональным развитием сенсорных и эффекторных систем - кардиореспираторной, мышечной. Мощность функционирования систем организма зависит от запасов источников энергии и активности развития аэробных и анаэробных механизмов энергообразования.

2. Экономичность функционирования систем определяет функциональную и метаболическую «цену» данных уровней работы, транспорта газов и потребления кислорода и общую экономичность преобразования энергии (Мищенко, 1980, 1990). Развитие резервов мощности функционирования не исключает, а наоборот, предусматривает экономичное, эффективное их использование.

3. Большой рабочий диапазон функционирования физиологических систем определяется способностью организма мобилизовать свои ресурсы при наличии низкого уровня оперативного покоя. Этот фактор объединяет высокую экономичность и высокую мобилизующую способность организма.

4. Подвижность функционирования систем, определяемая скоростью развертывания функциональных и метаболических реакций при переменах интенсивности работы, свойственных спортивной деятельности, является важнейшим фактором, определяющим работоспособность. Этот фактор является наиболее специализированным, т.е. связанным со спортивной специализацией (Мищенко, 1980).

Все перечисленные факторы обуславливают стабильность (устойчивость) функционирования физиологических систем и всего организма в целом в течение того периода времени, которое нужно для эффективного выполнения конкретного двигательного действия. Стабильность функционирования систем определяет способность поддерживать высокий уровень энергетических функциональных реакций. Для поддержания устойчивого функционирования важную роль приобретает стабильная аэробная производительность, что отодвигает включение менее экономичных анаэробных источников энергообеспечения (Артамонов, 1989).



Кроме того, еще целый ряд факторов в зависимости от специфики вида спорта в большой степени обуславливают специальную работоспособность спортсменов. Так, например, весьма важным фактором, характеризующим интегральное функциональное состояние, является точность дифференцировки полисенсорной информации, составляющей основу специализированных восприятий: «чувство усилия», «чувство мяча», «чувство времени» и др. Известно, что эффективность и надежность спортивной деятельности во многом зависит от точности, интенсивности и надежности управления своими движениями. Саморегуляция движений определяется уровнем психомоторных и сенсорно-перцептивных функций спортсмена (Пуни, 1966; Шелков, Булкин, 1997). В свою очередь сенсорно-перцептивные функции человека определяют уровень развития специализированных восприятий спортсменов.

Специализированные восприятия относятся к комплексным функциональным характеристикам подготовленности спортсменов, и входят в число важнейших составляющих спортивного мастерства (Гринштейн, 1971; Коваленко, 1977; Замятин, Поймонов, 1981; Sime, 1985; Солопов, 1998; Солопов и др., 1999). Следует отметить, что точность дифференциации полисенсорной информации является информативным параметром в оценке функциональной подготовленности спортсменов практических во всех видах спорта (Пуни, 1966; Платонов, 1984; Герасименко и др., 1988).

Показатели функциональной подготовленности характеризуются комплексом свойств и качеств спортсмена, определяющих эффективность его тренировочной и соревновательной деятельности, его соответствия целевому назначению – специфическим требованиям спортивного достижения. В реальных ситуациях тренировочной работы и участия в соревнованиях функциональное состояние спортсмена изменяется под влиянием целого ряда как связанных между собой, так и независимых воздействий (Смирнов, 1975).

3.2. Роль различных категорий факторов в обеспечении физической работоспособности у спортсменов на разных этапах подготовки

Исходя из вышеизложенного, мы предположили, что для контроля, оценки и диагностики уровня физической работоспособности спортсменов, наряду с абсолютными показателями функциональной подготовленности, большое значение будет иметь именно степень взаимосвязи этих параметров с интегральным показателем физической подготовленности спортсменов, определяя «весомость» каждого из регистрируемых параметров и важность в оценке подготовленности. Кроме того, весьма важно выяснить, насколько справедливы вышеизложенные положения для представителей разных видов спорта.

С целью выяснения ведущих (доминантных) факторов, обуславливающих уровень развития общей физической подготовленности на основных этапах многолетней тренировки, нами были обследованы спортсмены разной квалификации, специализирующиеся в плавании, футболе и художественной гимнастике. Эти спортивные специализации были выбраны как наиболее разнохарактерные, имеющие принципиально различную структуру двигательных актов и организацию физических упражнений – циклическую, ситуационную и ациклическую.

В качестве показателя общей физической подготовленности была использована величина физической работоспособности, определяемая в тесте PWC_{170} по стандартной методике с учетом возрастных особенностей (Карпман и др., 1974; Абросимова, Карасик, 1977).

Анализ литературы показал, что целым рядом авторов произведена категоризация факторов обуславливающих физическую работоспособность спортсменов, как в целом, так и отдельных ее сторон (Мищенко, 1980; Горожанин, 1984; Кучкин, 1986).

В своих работах эти авторы весь объем факторов, обуславливающих и лимитирующих физическую работоспособность, рассматривают в рамках определенных категорий. Так В.С.Мищенко (1980) выделяет категории «мощности», «экономичности», «реализации» и «подвижности». В.С.Горожанин (1984) основные факторы, обуславливающие двигательную подготовленность, рассматривает в рамках категорий «мощности», «устойчивости» и «экономичности». С.Н.Кучкин (1986) различает категории «мощности», «мобилизации» и «экономичности-эффективности» в отношении аэробной производительности организма.

Общими для всех этих классификаций являются категории «мощности» и «экономичности». В качестве факторов «мощности» большинство авторов рассматривает показатели, отражающие физическое развитие и морфофункциональный статус организма (длина и масса тела, вес, ЖЕЛ и др.). К категории факторов «экономичности» относят показатели отражающие метаболическую и функциональную цену определенных уровней работы ($W/ЧСС$, КП, KIO_2 и др.).

Что касается таких категорий как «мобилизация», «устойчивость», «реализация», «подвижность», то мнения различных авторов согласуются в меньшей степени и подразумевают различные показатели. Так, например, категории «реализации» (Мищенко, 1984) и «мобилизации» (Кучкин, 1986), различаются только в названии, а по сути, отражают одни и те же факторы. Перекликается с ними и используемый Т.И.Гулбиани (1991) термин – «утилизация». В.С.Мищенко (1980) в категорию факторов «реализации» включил показатели, отражающие наибольшие переносимые сдвиги внутренней среды организма, что составляет категорию «устойчивости» по В.С.Горожанину (1984). В свою очередь В.С.Горожанин (1984) к категории факторов «устойчивости» относит показатель максимального потребления

кислорода (МПК), тогда как у В.С.Мищенко (1980) МПК определяется, как показатель «мощности».

Большинство авторов сходятся в обозначении, содержании и объеме показателей категорий «мощности» и «экономичности». Наибольшие расхождения отмечаются в обозначении категорий «мобилизации», «устойчивости», «реализации» и т.д. Мы сочли возможным и необходимым для обозначения большинства показателей, составляющих вышеперечисленные категории, ввести термин, в какой-то мере объединяющий их, и обозначить эти факторы как категорию «предельной мощности функционирования» (Мищенко, 1980). К этой категории, по нашему мнению, возможно отнести в основном показатели, регистрируемые при максимальных мышечных нагрузках и отражающие мощность функционирования (W_{max} , МПК, МВЛ и др.).

Исходя из этого, для удобства анализа и описания экспериментального материала мы использовали следующую категоризацию факторов, обуславливающих физическую работоспособность при определенной минимизации объема показателей:

1. Категория факторов первого порядка – «морфофункциональной мощности» (длина и масса тела, ЖЕЛ, максимальная сила);
2. Категория факторов второго порядка – «предельной мощности функционирования» (W_{max} , МПК, МВЛ);
3. Категория факторов третьего порядка – «экономичности-эффективности» ($W/ЧСС$, ЧССпокоя, ЧСС $_{max}$, КП).

Для выяснения факторов, существенно влияющих на физическую работоспособность, и, следовательно, способных выступать в качестве маркеров уровня общей физической подготовленности, был проведен корреляционный анализ взаимосвязей величины PWC_{170} и показателей основных категорий факторов, обуславливающих общую физическую подготовленность спортсменов на разных этапах подготовки.

Этап начальный подготовки. Корреляционный анализ степени взаимосвязи величины общей физической работоспособности с показателями основных категорий факторов, обуславливающих ее, на начальном этапе подготовки у представителей исследуемых спортивных специализаций, показал следующее. В основном, уровень физической работоспособности весьма существенно взаимосвязан с показателями морфофункционального статуса организма, составляющих категорию «мощности».

Так, у юных пловцов, отмечается достоверная взаимосвязь физической работоспособности с показателями физического развития и уровнем развития физических качеств. Коэффициент корреляции PWC_{170} с ростом составил 0,564 ($P < 0,01$), с весом 0,550 ($P < 0,01$), с жизненной емкостью легких – 0,735 ($P < 0,01$). Сила мышц правой руки взаимосвязана с PWC_{170} на уровне 0,649 ($P < 0,01$), см. табл. 1.

Достоверно взаимосвязан уровень физической работоспособности и с показателями категории «предельной мощности функционирования», с

аэробной производительностью (МПК/вес – 0,531, $P < 0,05$) и максимальной вентилиацией легких (0,454, $P < 0,05$).

Коэффициент корреляции величины силы тяги в воде с PWC_{170} составил – 0,832 ($P < 0,01$). Достоверно взаимосвязаны с PWC_{170} и результаты тестов на скорость, общую и специальную выносливость, соответственно – 0,656; -0,684 и -0,664 ($P < 0,01$).

У юных футболистов обнаружилось следующие достоверные взаимосвязи PWC_{170} : с величиной роста = 0,648 ($P < 0,01$); веса = 0,783 ($P < 0,01$); ЖЕЛ = 0,556 ($P < 0,01$). Так же, как и у пловцов PWC_{170} достоверно взаимосвязан с показателями «предельной мощности функционирования» – W_{max} (0,535, $P < 0,01$), МПК/вес (0,474, $P < 0,05$) и МВЛ (0,454, $P < 0,05$). Кроме того, обнаруживается достоверная средняя степень взаимосвязи и с некоторыми показателями «экономичности» ($W/ЧСС$ - 0,543, $P < 0,01$).

Таблица 1

Корреляционные взаимосвязи величины общей физической работоспособности с показателями основных категорий факторов её определяющих у спортсменов различной специализации на начальном этапе подготовки

ПОКАЗАТЕЛИ	Пловцы (n=19)	Футболисты (n=22)	Гимнастки (n=14)
Рост	0,564**	0,648**	0,627**
Вес	0,550**	0,783**	0,344
Ф пр.р.	0,649**	-	0,647**
ЖЕЛ	0,735**	0,556**	0,535**
МВЛ	0,454*	0,454*	-
МПК/вес	0,531*	0,474*	0,282
W_{max}	0,417	0,535**	0,527*
ЧСС покоя	-0,340	-0,009	-0,750**
ЧСС max	0,125	-0,388	-0,180
$W/ЧСС$	0,357	0,543**	0,541*

Примечание: Здесь и далее взаимосвязь достоверна:

* - при $P < 0,05$; ** - при $P < 0,01$

Из показателей, характеризующих специальную подготовленность, достоверная взаимосвязь обнаружилась только с результатом трехкратного прыжка ($r = 0,430$, $P < 0,05$).

В группе юных спортсменок, специализирующихся в художественной гимнастике, были обнаружены существенные взаимосвязи PWC_{170} с ростом ($r = 0,627$, $P < 0,01$), с ЖЕЛ ($r = 0,535$, $P < 0,05$), с максимальной силой правой руки ($r = 0,647$, $P < 0,01$), ЧСС покоя ($r = -0,750$, $P < 0,01$); $W/ЧСС$ ($r = 0,541$, $P < 0,05$).

Следует отметить, что уровень общей физической работоспособности спортсменов на начальных этапах подготовки весьма существенно коррелирует

лирует со спортивным результатом. Так у пловцов эта связь отражается коэффициентом корреляции равным 0,661 ($P < 0,01$), у юных гимнасток $r = 0,737$ ($P < 0,01$). У футболистов, PWC_{170} достоверно коррелирует только с одним из показателей специальной подготовленности, результатом трехкратного прыжка ($r = 0,430$, $P < 0,05$).

Таким образом, на этапе начальной спортивной подготовки общая физическая работоспособность юных спортсменов в большой степени взаимосвязана с уровнем физического развития. Это отражается в большей достоверности корреляционной связи величины PWC_{170} с показателями морфофункциональной мощности (длина тела, масс тела, жизненная емкость легких, максимальная мышечная сила). Такое положение вещей согласуется с данными литературы (Зациорский, 1969). А.А.Гужаловский (1979) отмечает, что такие показатели, как длина и масса тела, окружность грудной клетки, играют определенную роль как факторы, обуславливающие внешнее проявление двигательной функции детей.

Вместе с тем, отмечается проявление тенденции к укреплению взаимосвязи PWC_{170} с параметрами, отражающими факторы «предельной мощности функционирования» (W_{max} , МВЛ, МПК/вес) и даже в отдельных случаях факторы категории «экономизации» (ЧССпокоя, ЧСС $_{max}$, $W/ЧСС$).

Этап спортивного совершенствования. На промежуточном этапе многолетней спортивной подготовки, у спортсменов отмечаются достоверные связи величины общей физической работоспособности практически со всеми показателями основных категорий факторов, ее определяющих и лимитирующих. Однако наблюдается вполне четкая тенденция к ослаблению степени взаимосвязи показателя физической работоспособности с факторами морфофункциональной мощности и возрастание степени взаимосвязи PWC_{170} с факторами «предельной мощности функционирования» и «экономичности».

У пловцов на этапе спортивного совершенствования корреляционные взаимосвязи PWC_{170} с показателями физического развития и уровня физических качеств по-прежнему достоверные, но несколько ослабевают: Коэффициент корреляции PWC_{170} с ростом равен 0,472 ($P < 0,05$); с весом = 0,516 ($P < 0,05$); с ЖЕЛ = 0,468 ($P < 0,05$). Величина мышечной силы кисти правой руки коррелирует с PWC_{170} уже не достоверно, $r = 0,388$ ($P > 0,05$), см. табл. 2.

В то же время усиливаются взаимосвязи PWC_{170} с МВЛ (0,611, $P < 0,01$) и W_{max} (0,693, $P < 0,01$).

PWC_{170} достоверно коррелирует с показателями экономичности внешней механической работы (с $W/ЧСС$ $r = 0,792$, $P < 0,01$). Показатели ЧССпокоя и ЧСС $_{max}$ также достоверно коррелируют с величиной физической работоспособности (соответственно -0,541 и 0,610, $P < 0,01$), что отражает развитие функциональной экономизации.



У футболистов на промежуточном этапе PWC_{170} еще достоверно коррелирует с показателями морфофункциональной мощности: величиной роста ($r = 0,738$, $P < 0,01$), веса ($r = 0,857$, $P < 0,01$) и ЖЕЛ ($r = 0,454$, $P < 0,05$).

Одновременно усиливаются взаимосвязи величины PWC_{170} с показателями «предельной мощности функционирования», с МВЛ, W_{max} , МПК/вес (соответственно - $0,715$, $0,845$ и $0,771$, $P < 0,01$).

Более значительно по сравнению с этапом начальной подготовки усиливается взаимосвязь PWC_{170} с факторами функциональной экономичности и эффективности: с величиной ЧСС покоя ($r = -0,423$, $P < 0,05$), с величиной частоты сердечных сокращений при максимальной работе (ЧСС $_{max}$, $r = -0,852$, $P < 0,01$). Весьма значительно усиливается взаимосвязь с показателем $W/ЧСС$ ($r = 0,950$, $P < 0,01$).

У представительниц художественной гимнастики на промежуточном этапе подготовки величина общей физической работоспособности утрачивает достоверные корреляционные взаимосвязи с показателями морфофункциональной мощности: Коэффициенты корреляции PWC_{170} с показателями длины и массы тела, силы правой руки и ЖЕЛ соответственно составили $0,161$, $0,162$, $0,151$ и $0,314$ ($P > 0,05$).

Усиливается достоверность взаимосвязи PWC_{170} с таким показателем «предельной мощности функционирования» как W_{max} ($0,655$, $P < 0,01$).

В то же время весьма существенно усиливаются взаимосвязи PWC_{170} с показателями экономичности: ЧСС $_{max}$ ($r = -0,620$, $P < 0,01$), ЧСС покоя ($r = -0,540$, $P < 0,05$), $W/ЧСС$ ($r = 0,744$, $P < 0,01$), см. табл. 2.

Таблица 2

Корреляционные взаимосвязи величины общей физической работоспособности с показателями основных категорий факторов, ее определяющих у спортсменов различной специализации на этапе спортивного совершенствования

ПОКАЗАТЕЛИ	Пловцы (n=16)	Футболисты (n=23)	Гимнастки (n=13)
Рост	0,472*	0,738**	0,161
Вес	0,516*	0,857**	0,162
Ф пр.р.	0,388	-	0,151
ЖЕЛ	0,468*	0,454*	0,314
МВЛ	0,611**	0,715**	-
МПК/вес	0,528**	0,771**	0,320
W_{max}	0,693**	0,845**	0,655**
ЧСС покоя	-0,541*	-0,423*	-0,540*
ЧСС $_{max}$	-0,610**	-0,852**	-0,620**
$W/ЧСС$	0,792**	0,950**	0,744**

Обнаруженное у представителей всех изучаемых видов спорта одинаково высокое значение в обеспечении общей физической работоспособности

сти, факторов мощности и факторов экономичности, явление вполне закономерное. В.С.Мищенко (1980) отмечает, что развитие резервов мощности функционирования, не исключает, а наоборот предусматривает экономичное, эффективное их использование.

Взаимосвязь спортивного результата с уровнем общей физической работоспособности у спортсменов на промежуточном этапе подготовки остается достаточно сильной. У пловцов взаимосвязь PWC_{170} со спортивным результатом составляет 0,735 ($P < 0,01$), у гимнасток - 0,710 ($P < 0,01$). У футболистов на этапе спортивного совершенствования величина PWC_{170} весьма существенно коррелирует с показателями, отражающими уровень специальной подготовленности: с результатом бега на 15 м с места и с хода соответственно $r = -0,807$ и $-0,822$ ($P < 0,01$), с результатом в беге на 30 м ($r = -0,762$, $P < 0,01$) и результатом пятирного прыжка ($r = 0,510$, $P < 0,01$).

Этап высшего спортивного мастерства. На заключительном этапе подготовки у спортсменов исследуемых специализаций усиливается наметившаяся на этапе спортивного совершенствования общая тенденция к усилению взаимосвязи величины общей физической работоспособности с показателями, отражающими факторы категории «экономичности». При этом также четко продолжается ослабление взаимосвязи величины PWC_{170} с показателями морфофункциональной мощности за небольшим исключением.

У пловцов высокой квалификации величина PWC_{170} также тесно взаимосвязана с максимальной мощностью мышечной работы (W_{max} , $r = 0,734$, $P < 0,01$), тогда как взаимосвязи с МВЛ и МПК/вес уже не достоверны (соответственно 0,246 и 0,319, $P > 0,05$). Эти показатели составляют категорию «предельной мощности функционирования». Параллельно наблюдается укрепление взаимосвязи PWC_{170} с показателями категории «экономичности»: ЧССпокоя, ЧСС $_{max}$ и $W/ЧСС$. Коэффициенты корреляции соответственно составили $-0,696$ ($P < 0,01$), $-0,641$ ($P < 0,01$) и $0,786$ ($P < 0,01$).

В то же время достоверность взаимосвязи величины общей физической работоспособности с показателями морфофункционального статуса утрачивается. Коэффициенты корреляции PWC_{170} с ростом, весом, ЖЕЛ и силой правой руки соответственно составили 0,273; 0,329, 0,407 и 0,350 ($P > 0,05$), см. табл. 3.

У квалифицированных футболистов показатель общей физической работоспособности уже не обнаруживает достоверной взаимосвязи с показателями морфофункциональной мощности: Коэффициент корреляции PWC_{170} с величиной роста составляет всего 0,166 ($P > 0,05$), с весом – 0,161 ($P > 0,05$), с жизненной емкостью легких - 0,263 ($P > 0,05$).

В то же время весьма существенна связь общей физической работоспособности с показателями «предельной мощности функционирования»: с максимальной мощностью мышечной работы (W_{max} , $r = 0,973$, $P < 0,01$) и

максимальной аэробной производительностью (МПК/вес, $r = 0,846$, $P < 0,01$).

Кроме того, также как и у пловцов, в значительной степени усиливается взаимосвязь PWC_{170} с параметрами, отражающими функциональную экономизацию и повышение эффективности выполнения физической нагрузки (ЧСС покоя, $r = -0,450$ ($P < 0,01$), ЧСС max, $r = -0,454$ ($P < 0,01$) и $W/ЧСС$, $r = 0,971$ ($P < 0,01$).

Анализ корреляционных взаимосвязей общей физической работоспособности у квалифицированных гимнасток на заключительном этапе спортивной подготовки полностью подтверждает обнаруженную динамику у представителей циклических видов спорта и спортивных игр. Также ослабевает степень взаимосвязи PWC_{170} с показателями морфофункциональной мощности, сохраняется сильная связь с показателями «предельной мощности функционирования» и возрастает до высокой степени взаимосвязь с показателями экономичности и эффективности выполнения физической нагрузки (см. табл. 3).

Таблица 3

Корреляционные взаимосвязи величины общей физической работоспособности с показателями основных категорий факторов, ее определяющих у спортсменов различной специализации на этапе высшего спортивного мастерства

ПОКАЗАТЕЛИ	Пловцы (n=14)	Футболисты (n=31)	Гимнастки (n=9)
Рост	0,273	0,166	0,589
Вес	0,329	0,161	0,540
F пр.р.	0,350	-	0,774**
ЖЕЛ	0,407	0,263	0,390
МВЛ	0,246	-	-
МПК/вес	0,319	0,846**	0,823**
W max	0,734**	0,973**	0,929**
ЧСС покоя	-0,696**	-0,450**	-0,731**
ЧСС max	-0,641**	-0,454**	-0,603*
W/ЧСС	0,786**	0,971**	0,930**

Следует отметить определенные особенности корреляционных взаимосвязей показателя физической работоспособности с показателями физических качеств спортсменов, что вероятно обусловлено спецификой вида спорта. Так у пловцов физическая работоспособность достоверно и сильно взаимосвязана с результатами в тестах на общую и специальную выносливость (соответственно $-0,702$, $P < 0,01$ и $-0,554$, $P < 0,05$). У квалифицированных футболистов показатель PWC_{170} достоверно коррелирует с результатами теста на общую выносливость – 12-минутный бег ($r = 0,788$, $P <$

0,01) и теста на скоростную выносливость – челночный бег 7 по 50 м ($r = -0,600$, $P < 0,01$), в отличие от этапа спортивного совершенствования, где достоверные сильные корреляционные взаимосвязи обнаружались с результатами практически всех специальных тестов. У спортсменок, специализирующихся в художественной гимнастике, показатель физической работоспособности достоверно взаимосвязан с целым рядом показателей, отражающих развитие важных для специальной работоспособности физических качеств: силы (F пр.р., $r = 0,774$, $P < 0,01$), скоростно-силовых возможностей (ПАМ, $r = 0,816$, $P < 0,01$), быстроты (ТТ, $r = 0,702$, $P < 0,05$) и координации (КК, $r = 0,790$, $P < 0,01$).

Таким образом, проведенные исследования и корреляционный анализ показали, что физическая работоспособность, принимаемая нами в качестве критерия функциональной подготовленности, обуславливается на разных этапах многолетней тренировки спортсменов включением различных категорий факторов. На этапе начальной физическая работоспособность в основном обуславливается высоким уровнем факторов, образующих категорию «морфофункциональной мощности». На промежуточном этапе (спортивного совершенствования или углубленной специализации) наряду с факторами категории «мощности», в обеспечение физической работоспособности достоверное значение приобретают факторы «предельной мощности функционирования». В это же время подключаются и факторы «экономичности». На заключительном этапе многолетней подготовки, этапе высшего спортивного мастерства, ведущее значение уже имеют факторы «экономичности» при сохранении высокого уровня значимости факторов «предельной мощности функционирования».

В качестве иллюстрации обозначенного положения приведем динамику изменения значения (по силе корреляционной взаимосвязи) показателей различных категорий факторов в обеспечении физической работоспособности пловцов на разных этапах многолетней подготовки (рис. 2).

Из графика можно видеть, что фактор «ЖЕЛ» (категория «морфофункциональной мощности»), имея достоверную сильную взаимосвязь с уровнем физической работоспособности на этапе начальной подготовки, существенно снижаясь на этапе спортивного совершенствования, практически утрачивает свое значение на заключительном этапе подготовки.

В то же время, величина максимальной мышечной работы (W_{max}), являясь фактором категории «предельной мощности функционирования», имея слабую степень взаимосвязи с уровнем физической работоспособности на этапе начальной подготовки, на промежуточном этапе приобретает гораздо большее значение и на этапе высшего спортивного мастерства еще в большей степени укрепляет эту взаимосвязь. Показатель экономичности выполнения физической нагрузки - ватт-пульс ($W/ЧСС$), не имея большого значения на этапе начальной подготовки, на промежуточном этапе уже статистически достоверно взаимосвязан с величиной физической работоспособности. К этапу высшего спортивного мастерства значение этого фактора

еще в большей степени усиливается и приобретает характер доминантного (см. рис. 2).

Такое положение вещей находит подтверждение и в литературе. Гетерохронность значения различных факторов для физической работоспособности отмечал Ю.В.Верхошанский (1985, 1988). Известны работы С.Н.Кучкина (1986, 1999), в которых была показана поэтапность включения факторов категорий мощности, мобилизации и экономичности-эффективности дыхательной системы в обеспечение аэробной производительности организма. Указывается, например, что такой показатель, как МПК, особенно информативный для оценки физической работоспособности спортсменов невысокой квалификации, с повышением спортивного мастерства несколько утрачивает свое значение (Борилкевич, 1982).

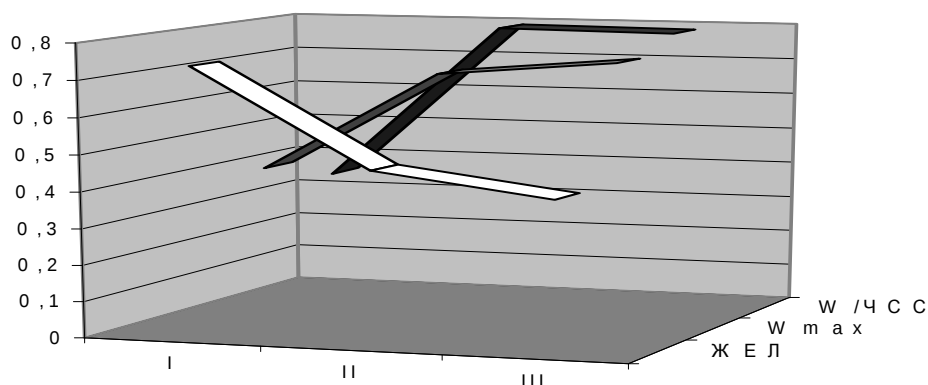


Рис. 2. Динамика взаимосвязи факторов морфофункциональной мощности, предельной мощности функционирования и экономичности с величиной физической работоспособности на различных этапах подготовки (I – этап начальной подготовки, II – этап спортивного совершенствования, III – этап высшего спортивного мастерства) у пловцов

Отмечается, что с возрастом доминантные факторы, обуславливающие подготовленность спортсменов, например, футболистов, смещаются от консервативных, определяющих размеры тела, двигательных качеств, к более пластичным, связанным с созданием базы и освоением широкого арсенала тактической деятельности факторам (Бальсевич, 1980; Сучилин, 1981, 1997; Золотарев, 1997). Указывается, что экономичность, ее доля, роль в обеспечении физической работоспособности увеличивается с возрастом и зависит от совершенствования техники движений (Hollozy, 1973; Васильева и др., 1974; Гулбиани, 1991).

Таким образом, факторы, определяющие физическую работоспособность на разных этапах подготовки, различны по своему значению: на этапе начальной подготовки ведущими оказываются факторы «морфофунк-



циональной мощности»; на промежуточном этапе – факторы «морфофункциональной мощности» и «предельной мощности функционирования»; и на заключительном этапе – факторы «предельной мощности функционирования» и «функциональной экономизации».

Выявленная архитектура взаимосвязей физической работоспособности с показателями различных категорий факторов является общей для представителей всех видов спорта, задействованных в нашем исследовании.

В заключение, следует сказать, что обнаруженное определенное соответствие значимости показателей различных категорий факторов в обеспечении высокого уровня физической работоспособности определенному этапу многолетней тренировки спортсменов, позволяет соответственно этому строить стратегию комплексного дифференцированного контроля. На основе дифференцированного подбора показателей представляется целесообразным разработать программы этапного и текущего контроля с возможно минимальным количеством показателей и с максимальной информативностью в оценке физической работоспособности спортсменов. При этом тестирование должно быть унифицированным для каждого вида спорта, с тем, чтобы возможно было отслеживать многолетнюю динамику функциональной подготовленности и уточнять роль тех или иных факторов в обеспечении ее развития.

3.3. Значение различных факторов в обеспечении физической работоспособности у спортсменов разной специализации

Отбор тех или иных показателей для оценки функционального состояния в большой мере зависит от специфики видов спорта. Важнейшими здесь, как правило, оказываются показатели, определяющие величину физической работоспособности спортсменов, их готовность показать тот или иной результат в избранном виде спорта. К их числу относятся показатели телосложения, особенно значительные в подростковом возрасте, а также показатели, характеризующие уровень технической, физической и других видов подготовленности спортсменов (Зациорский, 1969).

Как уже отмечалось, функциональная подготовленность спортсменов, и физическая работоспособность, как интегральный ее показатель, зависит от целого ряда факторов, ее определяющих и лимитирующих. Эти компоненты в определенной мере специфичны для разных видов спорта (Смирнов, 1987).

Состав контрольных упражнений для оценки подготовленности спортсменов имеет четко выраженную тенденцию, позволяющую выделить основную его направленность по группам видов спорта: 1) в циклических видах спорта оцениваются скоростные возможности, общая и специальная выносливость, скоростно-силовая и силовая подготовленность, гибкость, 2)

в скоростно-силовых видах спорта оценивается быстрота, общая и специальная выносливость, скоростно-силовые качества, техническая подготовленность, 3) для игровых видов спорта обязательна оценка быстроты, общей и специальной выносливости, скоростно-силовых качеств, ловкости, технического и тактического мастерства, 4) в видах спорта со сложной координацией движений оценивается быстрота, скоростно-силовые качества и сила, общая выносливость и координационные способности (Набатникова, 1982).

Указывается, что уже на этапе начальной подготовки в программу комплексного контроля подготовленности спортсменов необходимо вводить тесты, в той или иной мере отражающие специфику вида спорта (Сучилин, 1981, 1997; Набатникова, 1982; Шамардин, 1994).

Отмечается, что в каждом виде спорта имеются ведущие или доминантные характеристики, обуславливающие рост спортивного мастерства. В разных видах спорта отдельные морфофункциональные и психофизиологические характеристики приобретают особую значимость с точки зрения оценки и прогноза эффективности соревновательной деятельности. И именно оценку развития этих характеристик в первую очередь должна предусматривать система комплексного контроля (Сучилин, 1981, 1997; Золотарев, 1996; Шамардин, 1994).

Установлено, что функциональный резерв кардиореспираторной системы находится в определенной зависимости от характера направленности тренировочного процесса, т.е. спортивной специализации. Отмечается, что систематические тренировки спортсменов ведут не только к экономизации функций органов и систем органов, но и одновременно вызывают относительное увеличение объема тех функциональных резервов, которые обеспечивают выполнение специфической для каждого вида спорта физической работы (Ващук, 1982).

В эксперименте показано, что тестирование работоспособности спортсменов в лабораторных условиях с использованием неспецифических нагрузок выявляет особенности вегетативного компонента динамического стереотипа, характерного для отдельных видов спортивной специализации. Это подтверждает целесообразность использования их в комплексной углубленной методике контроля подготовленности спортсменов разных специализаций. При этом оценка результатов тестирования работоспособности с учетом вида спорта должна основываться на анализе взаимосвязи физиологических функций и их параметров, что позволяет выявить эффективность, экономичность и устойчивость работоспособности (Корженевский и др., 1981).

Более того, указывается, что при тестировании физической готовности в различных видах спорта возможно отказаться от поисков специфических для данной деятельности тестов на работоспособность и перейти к поиску специфических показателей в неспецифических тестах (Алешков, Невмянов, 1978).

В этом плане весьма важно выяснить значимость факторов, обуславливающих уровень физической работоспособности спортсменов различной специализации. В связи с этим нами исследовались факторы, определяющие физическую работоспособность, избранной нами в качестве основного интегрального показателя функциональной подготовленности.

В качестве объектов исследования, своеобразных моделей, были выбраны спортсмены, представители циклических (плавание, бег), сложно-координационных видов спорта (художественная гимнастика) и спортивных игр (футбол). Приглашение в исследование представителей различных видов спорта было обусловлено тем, что было важно выяснить насколько справедливо положение о гетерохронности включения факторов разных категорий («мощности», «предельной мощности функционирования» и «экономичности») в обеспечение общей физической работоспособности для разных видов специфической спортивной деятельности.

Уровень подготовленности испытуемых, представителей исследуемых спортивных специализаций, был приблизительно одинаков и соответствовал диапазону от I спортивного разряда до мастеров спорта. Этот уровень квалификации был избран исходя из того положения, что при такой подготовленности уже сформировались основные черты отличий, которые характеризуют влияние специфики мышечной деятельности в тех или иных видах спорта.

Все испытуемые обследовались по комплексной программе, предусматривающей как общие для всех, так и специфические для отдельных видов спорта компоненты. Основой обследования явилось определение общей физической работоспособности в тесте PWC_{170} (Карпман и др., 1974). После этого теста испытуемым предлагалось выполнить третью, максимальную нагрузку для вывода организма на уровень максимального потребления кислорода, в соответствии с известными методическими рекомендациями (Кучкин, Ченегин, 1981). При этом регистрировался ряд показателей, характеризующие основные категории факторов, обуславливающих и лимитирующих физическую работоспособность (Мищенко, 1980; Кучкин, 1986; Артамонов, 1989). Предварительно в условиях покоя измерялся целый ряд показателей, характеризующих уровень физического развития и морфофункциональный статус испытуемых. В некоторых случаях в силу определенных методических особенностей различные факторы изучались в разных группах испытуемых.

Кроме того, у всех испытуемых оценивался уровень развития ведущих для каждого вида спорта, физических (двигательных) качеств, определялся спортивный результат на момент обследования или проводилось тестирование с определением показателей, отражающих уровень специальной подготовленности (в том случае, когда метрическая оценка спортивного результата невозможна – футбол).

На рис. 3 представлен профиль корреляционных взаимосвязей физической работоспособности со спортивным результатом у представителей различных видов спорта.

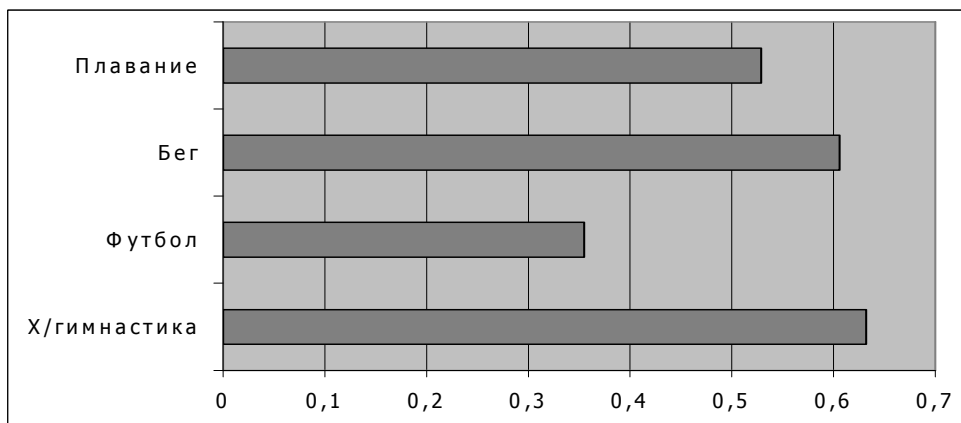


Рис. 3. Профиль корреляционных взаимосвязей величины физической работоспособности со спортивным результатом в различных видах спорта.

В футболе приведен усредненный коэффициент корреляции между показателем физической работоспособности и показателями в тестах, отражающих уровень развития ведущих физических качеств.

Из приведенного графика видно, что у представителей циклических видов спорта спортивный результат весьма существенно связан с уровнем физической работоспособности (0,529 при $P < 0,01$, у пловцов и 0,606 при $P < 0,01$, у бегунов). У представительниц художественной гимнастики, как одного из сложнокоординационных видов спорта, спортивно-технический результат также в большой степени взаимосвязан с физической работоспособностью ($r = 0,632$, $P < 0,01$). У футболистов, как представителей спортивных игр, эта взаимосвязь (усредненная) несколько слабее ($r = 0,355$, $P < 0,05$), хотя также статистически достоверна.

На рис. 4 представлен профиль достоверных взаимосвязей показателя физической работоспособности с показателями основных категорий факторов, ее определяющих и лимитирующих, у пловцов. Из графика видно, что уровень физической работоспособности пловцов весьма тесно взаимосвязан с показателями морфофункционального статуса организма: коэффициент корреляции PWC_{170} составил с ростом 0,679 ($P < 0,01$), с весом 0,765 ($P < 0,01$), с жизненной емкостью легких 0,744 ($P < 0,01$), с мышечной силой – 0,704 ($P < 0,01$). Все эти показатели относятся к факторам «мощности».

Показатели $W_{\max}$ и МПК/вес, отнесенные нами к категории «предельной мощности функционирования». Коэффициенты корреляции этих показателей с PWC_{170} у пловцов также оказались весьма значимы и соответственно составили 0,825 ($P < 0,01$) и 0,434 ($P < 0,05$).

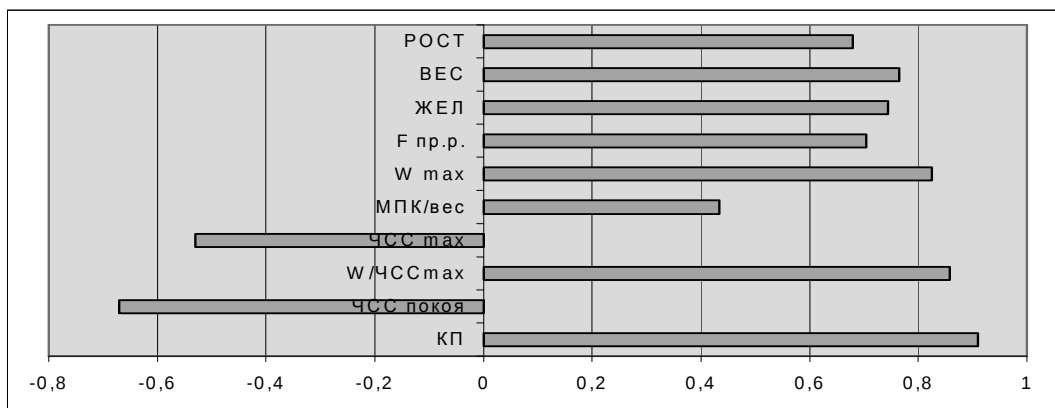


Рис. 4 Профиль значимых корреляционных связей уровня общей физической работоспособности с показателями основных категорий факторов ее определяющих у пловцов

Весьма существенно PWC_{170} коррелирует и с показателями категории «экономичности» - $W/\text{ЧСС}$ (ватт-пульс), $\text{ЧСС}_{\max}$, $\text{ЧСС}_{\text{покоя}}$ и КП (кислородным пульсом), соответственно: 0,858, ($P < 0,01$), -0,530, ($P < 0,01$), -0,670, ($P < 0,01$) и 0,910, ($P < 0,01$). Это подтверждается и литературными данными, где отмечается что для контроля за функциональным состоянием пловцов используются показатели экономизации функций (Букатин, 1982).

Был проведен корреляционный анализ степени взаимосвязи уровня физической работоспособности с показателями ведущих, для пловцов, физических качеств - скорости, силы, общей и специальной выносливости (Вайцеховский, 1976; Kazmierczak, 1978; Булгакова, Воронцов, 1978). При этом сила оценивалась по величине тяги в воде при плавательных движениях на привязи, скорость оценивалась по результатам теста 2 по 50 м, общая выносливость определялась в тесте 20 по 50 м, а специальная в тесте 4 по 50 м (Мастеров и др., 1987; Давыдов, Сазонова, 1998).

Профиль корреляционных взаимосвязей этих показателей представлен на рис 5.

У легкоатлетов – бегунов, также представителей циклического вида спорта, профиль достоверных корреляционных связей показателя физической работоспособности весьма схож с таковым, обнаруженным у пловцов (рис. 6).

Однако, следует отметить, что показатели морфофункционального статуса взаимосвязаны с PWC_{170} у бегунов несколько слабее, чем у пловцов.

Так, коэффициенты корреляции PWC_{170} с ростом, весом и ЖЕЛ соответственно составили: 0,425; 0,570 и 0,536 ($P < 0,01$). Показатели категории «предельной мощности функционирования» взаимосвязаны с уровнем физической работоспособности так же сильно, как и у пловцов: для W_{max} $r = 0,723$ ($P < 0,01$), для МПК/вес $r = 0,657$ ($P < 0,01$).



Рис. 5 Профиль корреляционных взаимосвязей показателя общей физической работоспособности и результатов тестирования ведущих физических качеств у пловцов

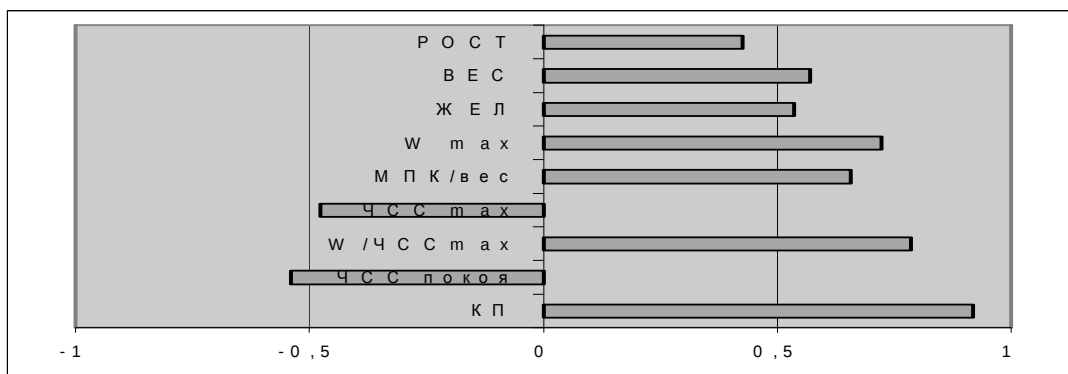


Рис. 6. Профиль значимых корреляционных связей уровня общей физической работоспособности с показателями основных категорий факторов ее определяющих у бегунов

Так же как и у пловцов, достоверно взаимосвязаны с PWC_{170} и показатели категории «экономичности» (для $W/ЧСС$ $r = 0,786$ ($P < 0,01$); для ЧСС_{покоя} $r = -0,539$ ($P < 0,01$); для ЧСС_{max} $r = -0,476$ ($P < 0,05$)). Еще в большей степени уровень физической работоспособности взаимосвязан с кислородным пульсом ($r = 0,919$, $P < 0,01$).

Это вполне понятно, так как известно, что в циклических видах спорта уровень физической работоспособности спортсменов существенно зависит как от состояния кардиореспираторной функции, определяющей аэробные

возможности организма, так и от степени экономизации движений (Ander- sen, 1960; Magel, Faulkner, 1967; Hollozy, 1973; Nagel, 1973; Фомин и др., 1974; Astrand, 1978; Miyashita, Kawehisa, 1983; Harberg, Coyle, 1983; Куч- кин, Бакулин, 1985; Кучкин, 1986, 1999).

На рис. 7 представлен профиль корреляционных взаимосвязей уровня физической работоспособности футболистов с показателями различных ка- тегорий факторов ее определяющих.

Так же как и у представителей циклических видов спорта, показатель физической работоспособности футболистов достоверно коррелирует с по- казателями морфофункционального статуса. Коэффициенты корреляции PWC_{170} с ростом и весом соответственно составили 0,430 и 0,641 ($P < 0,01$). Взаимосвязь физической работоспособности с величиной жизненной емко- сти легких характеризуется коэффициентом корреляции равным 0,574 ($P < 0,01$).

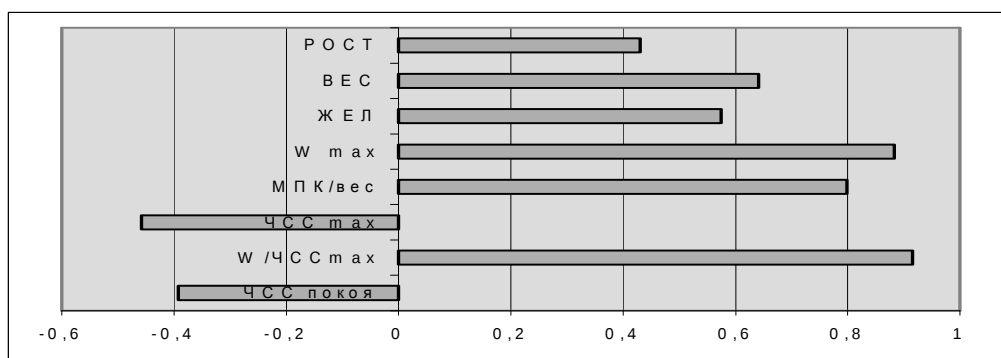


Рис. 7. Профиль значимых корреляционных связей уровня физической работоспособности с показателями основных категорий факторов, ее определяющих, у футболистов

Весьма существенно уровень физической работоспособности взаимосвя- зан с показателями категории «предельной мощности функционирова- ния»: максимальной мощности физической нагрузки (W_{max} - 0,898, $P < 0,01$) и относительной величиной максимального потребления кислорода (МПК/вес – 0,799, $P < 0,01$). Столь же существенна взаимосвязь PWC_{170} с показателями категории «экономичности»: ЧСС в покое, ЧССmax и ватт- пульсом ($W/ЧСС$). Коэффициенты корреляции соответственно составили - 0,393 ($P < 0,05$); -0,458 ($P < 0,01$) и 0,915 ($P < 0,01$).

Так как точная метрологическая оценка уровня специальной подго- товленности футболистов весьма проблематична, мы в качестве критериев таковой избрали результаты в тестах, отражающих ведущие компоненты физической подготовленности коррелирующие со спортивным мастерством в игре футболистов (Козловский, 1974; Шестаков, 1988; Шамардин, 1994;

Сучилин, 1997; Шамардин, Савченко, 1997). Профиль корреляционных взаимосвязей физической работоспособности и результатов тестирования основных физических качеств у футболистов представлен на рис. 8.

В художественной гимнастике, рассматриваемой нами как один из характерных сложнокоординационных видов спорта, уровень физической работоспособности также имеет ряд достоверных взаимосвязей, как с функциональными показателями, так и с показателями специальной физической подготовленности (рис. 9).

Обнаружилась достоверная корреляционная взаимосвязь уровня физической работоспособности с показателями роста и веса (соответственно 0,700 и 0,770, $P < 0,01$). Весьма существенна корреляционная связь PWC_{170} с величиной жизненной емкости легких ($r = 0,712$, $P < 0,01$). Эти взаимосвязи указывают на большое значение в обеспечении физической работоспособности гимнасток факторов морфофункциональной мощности.

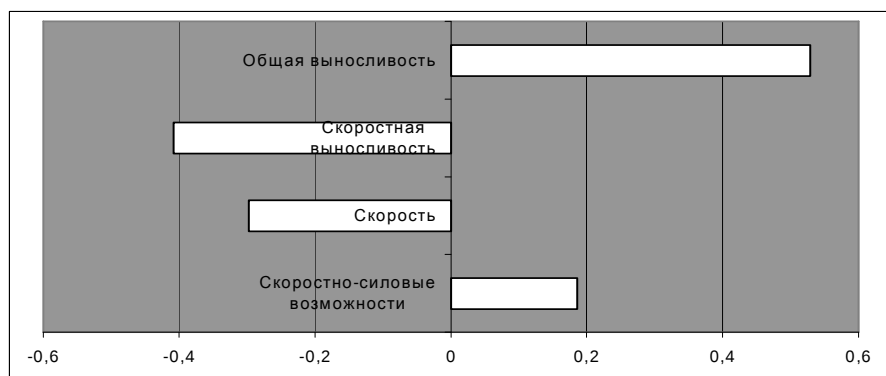


Рис. 8. Профиль корреляционных взаимосвязей показателя физической работоспособности и результатов тестирования ведущих физических качеств у футболистов

Отмечается сильная достоверная связь физической работоспособности с таким показателем «предельной мощности функционирования», как максимальная мощность физической нагрузки ($r = 0,982$, $P < 0,01$).

Обращает на себя внимание сильная степень взаимосвязи PWC_{170} с показателем экономичности выполнения мышечной работы - ватт-пульсом ($r = 0,967$, $P < 0,01$). Достоверно коррелирует величина физической работоспособности и с другим показателем категории экономичности - ЧСС в покое ($r = -0,610$, $P < 0,01$).

Как известно из литературы (Кувшинникова, 1984; Мамедова, 1989; Вишнякова и др., 1998), в художественной гимнастике ведущими физическими качествами являются: сила, скоростно-силовые качества и координационные возможности. Проведенный корреляционный анализ взаимосвязей уровня физической работоспособности гимнасток с показателями, отражающими эти качества, показал наличие достоверных взаимосвязей (рис.

10). Исходя из этого, вполне объяснимо наличие достоверной взаимосвязи показателя PWC_{170} со спортивно-техническим результатом в упражнении без предмета ($r = 0,632$, $P < 0,01$).

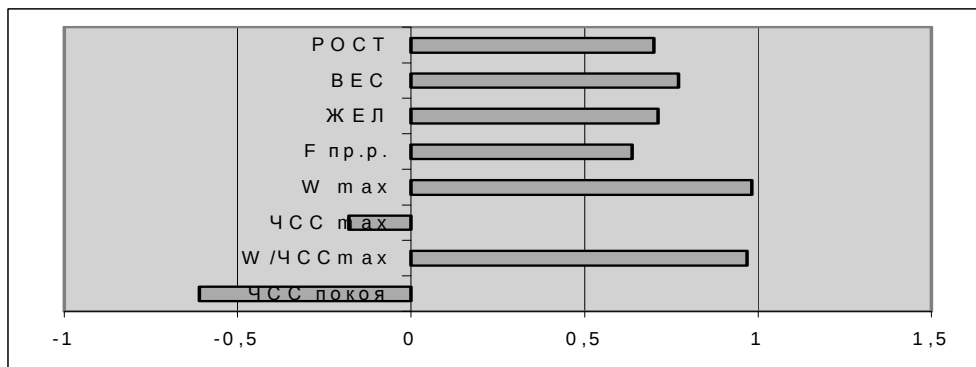


Рис. 9 Профиль значимых корреляционных связей уровня общей физической работоспособности с показателями основных категорий факторов, ее определяющих, у гимнасток

Полученные результаты показывают, что уровень физической работоспособности у представителей различных видов спорта обуславливается различной степенью влияния всех категорий факторов ее определяющих.

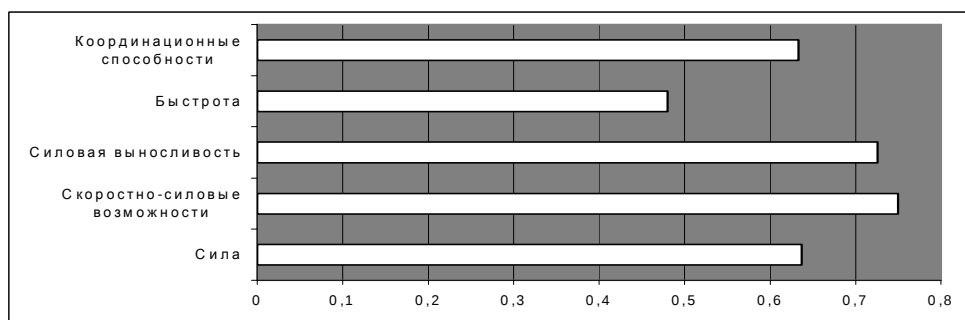


Рис. 10 Профиль корреляционных взаимосвязей показателя физической работоспособности и результатов тестирования ведущих физических качеств у гимнасток

Во всех исследованных видах спорта уровень физической подготовленности в значительной степени обуславливается морфофункциональным статусом организма. Факторы «морфофункциональной мощности» играют несколько большую роль в таком циклическом виде спорта как плавание. В этом плане известно, что показатели физического развития и телосложения

выступают в плавании в качестве одних из ведущих, «доминантных» факторов, в значительной мере обуславливающих и специальную работоспособность, и спортивный результат (Тимакова, 1973; Булгакова, Воронцов, 1977; Булгакова, 1978). Например, показатель жизненной емкости легких имеет линейную зависимость с длиной скольжения пловчих, одним из важнейших показателей, определяющих плавучесть и обуславливающих эффективность специальной мышечной деятельности (Булгакова, 1986). А такой показатель, как максимальная аэробная производительность (МПК) во многом обуславливает собственно спортивный результат в плавании (Волков и др., 1968; Eriksson et al., 1978; Кучкин, 1986; Шубабко, Погорелая, 1988; Солопов, Бакулин, 1996).

Показатели «предельной мощности функционирования» и функциональной «экономичности» практически во всех исследованных видах спорта играют существенную роль в обеспечении высокого уровня физической работоспособности. Наличие достоверных и сильных взаимосвязей физической работоспособности с факторами «предельной мощности функционирования» и экономичности во всех видах спорта согласуется с нашими данными, описанными выше, так как для определения различий, обусловленных спецификой вида спорта, были приглашены квалифицированные спортсмены, находящиеся в основном на этапе спортивного совершенствования и высшего спортивного мастерства.

Различия, обуславливаемые спецификой привычной деятельности, в основном определяются влиянием уровня физической работоспособности на специальную подготовленность, точнее, на ведущие стороны специальной физической подготовленности – «доминантные» физические качества.

Так в плавании наибольшее влияние уровня физической работоспособности было обнаружено при развитии специальной выносливости ($r = -0,744$, $P < 0,01$) и силовых возможностей ($r = 0,704$ и $0,733$, $P < 0,01$). Несколько в меньшей степени обозначилось влияние на развитие общей выносливости ($r = -0,461$, $P < 0,01$) и скоростных возможностей ($r = 0,462$, $P < 0,01$).

В футболе наиболее сильная взаимосвязь физической работоспособности отмечена с показателем общей выносливости ($r = 0,529$, $P < 0,01$) и специальной (скоростной) выносливости ($r = -0,408$, $P < 0,05$).

В художественной гимнастике уровень физической работоспособности сильно достоверно взаимосвязан в первую очередь со скоростно-силовыми возможностями ($r = 0,750$, $P < 0,01$) и силовой выносливостью ($r = 0,726$, $P < 0,01$). В несколько меньшей степени физическая работоспособность взаимосвязана с силовыми возможностями ($r = 0,637$, $P < 0,01$) и координационными способностями ($r = 0,633$, $P < 0,01$). Обнаружилась достоверная взаимосвязь PWC_{170} и с показателем быстроты ($r = 0,480$, $P < 0,05$).



3.4. Методы определения физической работоспособности

Рассмотрим некоторые, наиболее распространенные методики определения уровня физической работоспособности.

Индекс гарвардского стептеста (ИГСТ) используется для определения реакции сердечно-сосудистой системы на тяжелую физическую нагрузку. ИГСТ может определяться у здоровых, физически подготовленных людей. При временной потере общей или спортивной работоспособности (острые заболевания, травмы) исследование должно быть отложено до полного выздоровления.

Для тестирования необходимо иметь: ступеньки различной высоты (или регулируемый степэргометр), электрический или механический метроном, секундомер.

Высота ступеньки и время восхождения выбирается в зависимости от пола и возраста обследуемого (табл. 4).

Темп восхождения равняется 30 циклам в 1 мин. Каждый цикл состоит из 4 шагов. Темп задается метрономом, который устанавливается на 120 в 1 мин. После завершения работы обследуемый садится на стул и в течение первых 30 с—со 2-й и 3-й и 4-й минут восстановления у него троекратно подсчитывают количество ударов пульса (дополнительную информацию дает параллельное измерение артериального давления на первой половине четырех минут восстановления).

Если обследуемый в процессе восхождения из-за усталости начинает отставать от заданного темпа, то через 15—20 с после сделанного ему замечания тест прекращают и фиксируют фактическое время работы в секундах.

Тест прекращают также при появлении внешних признаков чрезмерного утомления: бледности лица, спотыкании и т. п. ИГСТ рассчитывают по формуле:

$$\text{ИГСТ} = \frac{T \cdot 100}{(f_2 + f_3 + f_4) \cdot 2},$$

где t — время восхождения (с), f_2, f_3, f_4 — количество ударов пульса за 30 с на 2-й, 3-й и 4-й минутах восстановления соответственно.

При массовых обследованиях для экономии времени можно пользоваться сокращенной формой теста, которая предусматривает только один подсчет количества пульсовых ударов в первые 30 с второй минуты восстановления.

$$\text{Тогда} \quad \text{ИГСТ} = T \cdot 100 / f_2 \cdot 5,5$$

Таблица 4

Высота ступеньки и время восхождения в гарвардском степ-тесте

Обследуемые	Возраст, лет	Высота ступеньки, см	Время восхождения, мин	Примечания*
Мужчины	Взрослые	50	5	
Женщины	Взрослые	43	5	—
Юноши и подростки	12—18	50	4	Поверхность тела 1,85 м ²
Юноши и подростки	12—18	45	4	Поверхность тела <1,85 м ²
Девушки и подростки	12—18	40	4	—
Мальчики и девочки	8—11	35	3	—
Мальчики и девочки	до 8	35	2	—

* Поверхность тела можно определить по номограмме.

Физическая подготовленность оценивается по значению полученного индекса. При ИГСТ меньше 55 физическая подготовленность оценивается как слабая, при 55—64 — ниже средней, при 65—79 — как средняя, при 80—89 — как хорошая и больше 80 — как отличная. Эти данные выведены на основании обследования 8000 студентов Гарвардского университета, поэтому не могут быть использованы для оценки состояния квалифицированных спортсменов. У последних ИГСТ зависит от специализации и квалификации. Высокие индексы (в среднем 100—110) имеются у тренирующихся на выносливость (бег на длинные дистанции, лыжные гонки, гребной и велосипедный спорт, спортивное ориентирование и ходьба, скоростной бег на коньках, плавание и др.). У отдельных представителей этих видов спорта ИГСТ достигает 170 (Чоговадзе и др., 1984).

Тест PWC₁₇₀. Функциональную пробу, основанную на определении мощности мышечной нагрузки, при которой ЧСС повышается до 170 уд/мин, обозначают как пробу Sjostrand (Sjostrand, 1947) или как тест PWC₁₇₀ (от первых букв английского обозначения термина «физическая работоспособность» — Physical Working Capacity).

Определение физической работоспособности при помощи теста PWC₁₇₀ базируется (в теоретическом аспекте) на двух хорошо известных из физиологии мышечной деятельности фактах: 1) учащение сердцебиения при мышечной работе прямо пропорционально ее интенсивности (мощности); 2) степень учащения сердцебиения при всякой (непредельной) физической нагрузке обратно пропорциональна способности испытуемого выполнять мышечную работу данной интенсивности (мощности), т. е. физиче-

ской работоспособности. Из этого следует, что ЧСС при мышечной работе может быть использована в качестве надежного критерия физической работоспособности человека.

Имеется два пути определения физической работоспособности по реакции пульса на физическую нагрузку: а) посредством оценки ЧСС при выполнении испытуемым стандартной мышечной работы и б) посредством нахождения величины мощности той нагрузки, при которой ЧСС увеличивается до некоторого стандартного уровня. Второй способ является более обоснованным, именно он лежит в основе определения физической работоспособности по тесту PWC_{170} . Что касается выбора ЧСС, равной 170 уд/мин, то определяется это тем важным с физиологической точки зрения фактом, что она характеризует начало оптимальной зоны функционирования кардиореспираторной системы при нагрузке.

Известная методика определения PWC_{170} по Sjostrand громоздка и требует довольно много времени, так как испытуемый обычно должен выполнить физическую нагрузку продолжительностью 20—30 мин. Кроме того, неудобства этого метода усугубляет графический способ расчета величины PWC_{170} , который не вполне точен. Поэтому методика Sjostrand была модифицирована (Карпман и др., 1969, 1974, 1977) с целью сделать процедуру определения PWC_{170} более простой и доступной.

Испытуемому предлагается последовательно выполнить на велоэргометре лишь две нагрузки умеренной интенсивности (например, 500 и 1000 кГм/мин) с частотой вращения педалей 60—75 об/мин, разделенные 3-минутным интервалом отдыха. Каждая нагрузка продолжается 5 мин, в конце ее в течение 30 с сосчитывается ЧСС аускультативным методом (стетфонендоскопом) или регистрируется (для тех же целей) ЭКГ.

Наиболее рационально расчеты PWC_{170} вести не графическим способом, а путем подстановки экспериментальных значений ЧСС и мощности работы в следующую формулу:

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

Это уравнение позволяет легко найти величину PWC_{170} , если известны мощность 1-й (W_1) и 2-й (W_2) нагрузок и ЧСС в конце 1-й (f_1) и 2-й (f_2) нагрузок.

Исследование физической работоспособности с помощью велоэргометрических нагрузок на основе принципа Съёстранда получило широкое распространение в практике. Однако, при тестировании работоспособности в конкретных видах спорта, целесообразно использовать мышечные нагрузки специфического характера.

Был разработан ряд тестов, в которых велоэргометрические нагрузки заменены другими видами мышечной работы, аналогичными по своей двигательной структуре нагрузкам, применяемым в естественных условиях спортивной деятельности (Калинин и др., 1972; Фарфель и др., 1974; Каче-

ров, 1974; Сирис, Никитушкин, 1974; Васильковский, 1975; Белоцерковский и др., 1977; Белоцерковский, Балашов 1979; Зуткис, 1980; Белоцерковский, 1980; Карпман и др., 1982, 1988; Коленко, Макаров, 1982; Майфат, Розенблат, 1985).

Теоретической основой проб со специфическими нагрузками являются физиологические закономерности велоэргометрической пробы PWC_{170} : между ЧСС, с одной стороны, и интенсивностью физической нагрузки (скоростью бега, плавания, числа подъемов штанги и т. п.) — с другой, наблюдается линейная зависимость в относительно большом диапазоне изменений интенсивности нагрузки. Линейный характер взаимосвязи между этими показателями, при которой ЧСС не превышает 170 уд/мин, позволяет определять физическую работоспособность на основе анализа величин скорости локомоций либо мощности физической нагрузки со штангой. Учитывая результаты лишь двух специфических нагрузок, выполняемых с умеренной интенсивностью, можно путем линейной экстра- или интраполяции определить как ЧСС при любой интенсивности физической нагрузки, так и скорость циклических движений либо интенсивность нагрузки со штангой при определенном пульсе, и в частности предсказать ту скорость бега, езды на велосипеде, плавания и т. д., а также мощность нагрузки, развиваемую при подъеме штанги, при которой ЧСС достигает 170 уд/мин (Карпман и др., 1988).

Специфические тесты имеют целый ряд достоинств. Важным, например, является то, что они позволяют судить не только об общей физической работоспособности, но и о том, насколько продуктивно в реальных условиях спортивной деятельности используются возможности вегетативных систем организма, т. е. об экономичности выполнения движений. Вместе с тем специфические тесты имеют и ряд ограничений, связанных главным образом с определенными трудностями стандартизации методики проведения пробы. В частности, на результатах тестирования могут сказаться внешние условия (например, условия скольжения лыж, аэродинамическое сопротивление при езде на велосипеде и т.д.).

Беговой тест. Этот вариант теста PWC_{170} основан на использовании в качестве физической нагрузки легкоатлетического бега (Белоцерковский и др., 1977; Майфат, Розенблат, 1985). Достоинствами теста являются методическая простота, возможность получения данных об уровне физической работоспособности с помощью достаточно специфической для представителей многих видов спорта нагрузки — бега. Тест не требует максимальных усилий от спортсмена, может проводиться в любых условиях.

Первый забег выполняется в темпе бега трусцой: каждые 100 м за 30—40 с. Скорость на дистанции 700—900 м должна поддерживаться относительно постоянной. Второй забег выполняется с большей скоростью: каждые 100 м за 20—30 с.

Плавательный тест. В данном тесте в качестве нагрузки используется плавание вольным стилем. Этот стиль используют представители ряда

водных видов спорта (пятиборцы, ватерполисты), он в равной мере знаком пловцам, специализирующимся в других видах плавания (брассе, баттерфляе и т.д.). Методика проведения пробы (Белоцерковский, 1980) предусматривает выполнение двух заплывов с разной скоростью. Вначале спортсмен проплывает дистанцию 200—250 м в медленном темпе: каждые 50 м примерно за 50—60 с. Скорость проплывания поддерживается постоянной. Вторая нагрузка выполняется с большей скоростью: каждые 50 м дистанции 250—350 м примерно за 35—50 с. Скорость проплывания также постоянная. Чем выше спортивная квалификация спортсмена, тем более длинную дистанцию в обоих заплывах и с большей скоростью он должен проплыть.

В еще одной модификации теста PWC_{170} (Зуткис, 1980), вместо традиционных двух нагрузок на эргометре, для расчета используется величина скорости проплывания двух 400-метровых отрезков. Первый отрезок проплывается при ЧСС 120—130 уд/мин, а второй — при ЧСС 160—170 уд/мин. Между ними интервал отдыха 3—6 минут. После каждого заплыва фиксируется время проплывания (по нему рассчитывается средняя скорость преодоления дистанции, соответственно V_1 и V_2) и пульс за 10 секунд, также после каждого (f_1 и f_2). С помощью этих величин определяется показатель PWC_V по следующей формуле:

$$PWC_V = V_1 + (V_2 - V_1) \frac{170 - f_1}{f_2 - f_1}.$$

Вместе с тем для суждения о специальной подготовленности пловцов в избранном виде плавания необходимо использовать пробу, выполняемую тем стилем, который является ведущим в подготовке спортсмена.

Тест с бегом на лыжах. В качестве нагрузки используется бег на лыжах, т. е. локомоции, типичные для лыжников, биатлонистов, двоеборцев. Тест проводится на равнинной местности, защищенной от ветра, по заранее проложенной лыжне — замкнутому кругу длиной 200—300 м. что позволяет в случае необходимости корректировать скорость движения спортсмена (Белоцерковский, 1980; Коленко, Макаров, 1982).

Испытуемые выполняют две физические нагрузки. 1-я нагрузка — бег на лыжах в медленном темпе. Отрезок 100 м мужчины должны преодолевать примерно за 30—40 с. Скорость перемещения равномерная. Длина дистанции 700—900 м.

Дистанцию 2-го забега спортсмен должен проходить с большей скоростью: каждые 100 м дистанции 1100—1600 м за 15—20 с. В обоих забегах хорошо подготовленные гонщики проходят большую дистанцию и с большей скоростью, чем менее подготовленные.

Тест с передвижением на велосипеде. Этот тест проводится в естественных условиях тренировки велосипедистов на велотреке или шоссе. В ка-

честве физических нагрузок используются два заезда на велосипеде с разной в каждом из них скоростью.

1-й заезд выполняется с небольшой скоростью. Велосипедист проезжает каждые 100 м дистанции 1300 - 1900 м примерно за 14 - 20 с. Спортсмены высокой квалификации проходят более длинную дистанцию и с большей скоростью, чем имеющие относительно низкие спортивные результаты. При выполнении 2-й нагрузки скорость больше: каждые 100 м дистанции спортсмен проходит примерно за 9 - 17 с. Скорость поддерживается относительно постоянной на всей дистанции (Белоцерковский, Балашов, 1979).

Гребной тест. Методика проведения пробы заключается в том, что спортсмен должен три раза пройти дистанцию, каждый раз быстрее предыдущего. Дистанция подбирается таким образом, чтобы время, затрачиваемое на ее прохождение, было немногим больше 2 мин. Это позволяет регистрировать ЧСС в условиях устойчивого состояния сердечной деятельности. При 1-й нагрузке рекомендуется темп 18—20 гребков в 1/2 силы, при 2-й — 22—24 гребка в 2/3 силы, при 3-й — 26—28 гребков в 3/4 силы. Обычно ЧСС при этом изменяется в пределах 130 - 170 уд/мин. Скорость движения гребца при пульсе 170 уд/мин определяется графическим способом (Фарфель и др., 1974).

Тест со штангой. Эта проба основана на использовании характерных для тяжелоатлетов нагрузок — подъемов штанги, во время выполнения которых учитывается влияние специфической мышечной работы на адаптационные возможности вегетативных систем организма спортсмена (Карпман и др., 1982).

Специфическая функциональная проба заключается в выполнении двух серий нагрузок, разделенных интервалами отдыха. Реакция организма на предложенную работу оценивается по данным измерения ЧСС. 1-я нагрузка состоит из 9 подъемов штанги на грудь с подседом; вес штанги 30 или 40% от максимального результата в толчке. 2-я нагрузка состоит из 9 подъемов штанги на грудь с подседом; вес штанги - 70 или 80% от максимального результата в толчке.

Мышечная работа выполняется в течение 3 мин. На каждый подъем, опускание штанги и отдых отводится 20 с (на подъем и опускание штанги — 3 - 5 с, на отдых между подъемами — 15 - 17 с). Отдых между 1-й и 2-й сериями нагрузок должен составлять 3 мин.

Проба предусматривает расчет мощности (W) механической работы, которую спортсмен выполняет при подъеме и опускании штанги. Для этого необходимо измерить высоту ее подъема. Измерение производится от грифа штанги до яремной вырезки на рукоятке грудины, куда спортсмен кладет штангу при подъеме на грудь.

Средняя мощность в каждой серии рассчитывается по следующей формуле (Карпман и др., 1982):

$$W = Kp (Mgh + Mog \cdot 0,25l),$$

где M - масса штанги (кг); h - высота, на которую поднимается снаряд (м); g - ускорение силы тяжести; Mo - масса штангиста; l - рост штангиста (м).

Коэффициент Kp рассчитывается по формуле:

$$Kp = 5,1 + \left(1 - \frac{Mk}{120} \right),$$

где Mk — весовая категория спортсмена.

Определяя W для 1-й и 2-й серии и сосчитывая ЧСС в конце каждой серии, можно рассчитать PWC_{170} по стандартной формуле.

3.5. Дифференцированный контроль физической работоспособности

Из многофакторной обусловленности физической работоспособности, как интегрального показателя функциональных возможностей спортсменов, следует, что при организации комплексного контроля необходимо четко представлять, какие именно факторы и частные показатели имеют ведущее значение для обеспечения высокой физической работоспособности на различных этапах подготовки у спортсменов разной спортивной специализации.

Это позволит дифференцировать основные параметры, существенно влияющие на физическую работоспособность и имеющие наибольшее диагностическое значение на том или ином этапе спортивного совершенствования.

Исходя из вышеизложенного, мы предположили, что для контроля, оценки и диагностики уровня физической работоспособности спортсменов, наряду с абсолютными показателями внешней механической работы, важное значение будет иметь именно степень влияния тех или иных факторов на интегральный показатель физической работоспособности спортсменов.

При этом необходимо выяснить и учитывать «весомость» каждого из этих факторов и важность их в оценке подготовленности.

Обнаруженное определенное соответствие значимости показателей различных категорий факторов в обеспечении высокого уровня физической работоспособности определенному этапу многолетней подготовки спортсменов, позволяет соответственно этому строить стратегию комплексного дифференцированного контроля.

На основе дифференцированного подбора показателей представляется целесообразным разработать программы этапного и текущего контроля с возможно минимальным количеством показателей и с максимальной информативностью в оценке физической работоспособности спортсменов.

При этом тестирование должно быть унифицированным для каждого вида спорта, с тем, чтобы возможно было отслеживать многолетнюю динамику функциональной подготовленности и уточнять роль тех или иных факторов в обеспечении ее развития.

Нами была разработана экспериментальная методика оценки физической работоспособности спортсменов в основу, которой положен дифференцированный подход к комплексному контролю и оценке параметров различных категорий факторов, обуславливающих уровень физической работоспособности спортсменов в зависимости от этапа подготовки и вида спорта.

Предусматривается тестирование и оценка стандартных показателей при трех уровнях физической активности: 1) в состоянии мышечного покоя, 2) при стандартной нагрузке и 3) при максимальной физической нагрузке, чтобы обеспечить набор показателей, отражающих основные категории факторов, обуславливающих физическую работоспособность: 1) «морфофункциональной мощности», 2) «предельной мощности функционирования» и 3) «функциональной экономизации».

При этом каждая категория факторов представлена не менее чем двумя показателями, регистрируемыми напрямую или рассчитываемыми: «морфофункциональной мощности» - длина тела и ЖЕЛ; «предельной мощности функционирования» - МПК/вес и W_{max} и «эффективности-экономичности» - $W/ЧСС$ и $ЧСС_{покоя}$.

Определение объема параметров, используемых для комплексной оценки, было обусловлено необходимостью, с одной стороны минимизации погрешности, с другой – обеспечения комплексности оценки. Как показали исследования В.В.Иванова и др. (1986), при измерении 5-6 параметров обеспечивается погрешность получения интегральной оценки равная 10-15%. Дальнейшее увеличение количества измеряемых параметров незначительно повышает точность определения интегральной оценки.

Вследствие этого целесообразно ограничиваться совокупностью из 5-6 единичных наиболее информативных параметров контроля.

Оценка показателей осуществляется дифференцированно. Одним из способов оценки результатов комплекса (батареи) тестов является сложение оценок каждого теста, предварительно умноженные на коэффициенты («веса»), различные для каждого теста. Такая итоговая оценка по комплексу параметров называется «взвешенной оценкой». Ее используют, когда надо усилить значение отдельных тестов или параметров. Для более важных параметров «веса» делаются более высокими (Зациорский, 1982). В нашем случае как раз наиболее подходящей будет именно такая оценка.

В соответствии с этапом подготовки и спортивной специализацией спортсменов наиболее значимые факторы должны иметь больший «весовой коэффициент». Менее значимые факторы, соответственно, должны оцениваться с меньшими весовыми коэффициентами.

Для удобства оперирования с оценками разных параметров, мы предлагаем их нормализовать (приводить к единой шкале) в соответствие с методикой построения оценочной шкалы «выбранных точек» (Зациорский, 1982; Фомин, 1984).

Нормализованная величина показателя умножается на коэффициент «веса» этого показателя, соответственно этапу подготовки в том или ином виде спорта.

Получаемая оценка выражается в условных единицах (баллах). Комплексная (интегральная) «взвешенная» оценка физической работоспособности получается после сложения всех частных оценок.

Для оперативной дифференцированной оценки физической работоспособности большого числа спортсменов, например при фронтальных обследованиях, нами была разработана компьютерная программа всего процесса интегральной оценки, работающая в среде FoxPro-2,5.

Глава 4.

ДИАГНОСТИКА ПСИХОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СПОРТСМЕНОВ

В комплексе функциональной диагностики одной из важнейших задач является определение и оценка уровня психофункциональной подготовленности спортсменов на разных этапах многолетней тренировки и в разные периоды годичного цикла (Голубев, 1984).

Психологический контроль рекомендуют проводить по трем основным направлениям:

- 1) психолого-педагогический;
- 2) психический;
- 3) психофизиологический.

В первом случае речь идет о фиксированных наблюдениях, опросниках, тестах самооценки, беседах со спортсменами по специальной схеме, некоторых личностных тестах.

Во втором случае - о методиках, позволяющих диагностировать уровень психических качеств (например, в спортивных играх и единоборствах информативными являются показатели быстроты и точности реакции, быстроты и точности оперативного мышления; в сложнокоординационных видах - устойчивости внимания, точности мышечно-двигательных дифференцировок, точности двигательных восприятий и т.д.).

В третьем случае - о методиках, отражающих психофизиологическое состояние спортсмена в тренировке или соревновании (наиболее употребительные методики регистрации тремора или кожно-гальванической реакции до и после нагрузки) (Суслов, Холодов, 1997).

По мнению В.С.Фомина (1984), психофункциональная подготовленность спортсменов должна быть оцениваема как минимум по трем основным параметрам:

1. Психическое состояние спортсмена в данный момент (напряженность, устойчивость и др. признаки);
2. Уровень профессионально значимых для конкретного вида спорта психических качеств (восприятия, внимания, прогнозирования и реализации действий, быстроты и точности реакций и др.);
3. Психическая работоспособность с учетом вида спорта.

В литературе обычно выделяют три типа методик, с помощью которых оцениваются состояния субъекта: физиологические, поведенческие и субъективные.

Методики, регистрирующие вегетативные показатели. К этой группе относятся такие методики, как регистрация электрокожного сопротивления (ЭКС), регистрация проводимости биологически активных точек кожи (БАТК), регистрация всевозможных потенциалов, электроэнцефалография (ЭЭГ), электромиография (ЭМГ), пульсометрия, регистрация величины артериального давления и др.



Обычно эти методики применяются безотносительно к специфике видов спорта, а ряд достоинств делает их широко употребляемыми. Во-первых, возможность объективного описания наблюдаемого явления. Во-вторых, возможность количественной оценки функционирования той или иной системы. В-третьих, многие методики этой группы отвечают таким требованиям, налагаемым спортивной практикой, как относительная простота и портативность, кратковременность, возможность многократного повторения измерений (Нилопец, Анюшкин, 1983).

Методики оценки субъективных переживаний. Здесь можно выделить две подгруппы: методики субъективного шкалирования и опросники. Методики субъективного шкалирования используются для оценки выраженности состояния самим человеком. Применяются либо градуированные шкалы по типу семантического дифференциала (например, методика САН), либо неградуированные шкалы (отрезок заданной длины, на котором нужно отметить расстояние, субъективно соответствующее выраженности переживания). Опросники же используются для выявления качественно разнообразных симптомов состояния, которые осознаются человеком (например, анкета Спилбергера, анкета проверки уровня тревожности Найдиффера).

Методики оценки качественных и количественных показателей деятельности. Эти методики фиксируют такие показатели, как продуктивность, эффективность и скорость выполнения действий. Сюда относятся тесты определения порогов чувствительности, двигательные тесты (например, теппинг-тест), реакция на движущийся объект (РДО), методики для оценки различных психических функций (памяти, мышления, внимания и др.).

Учитывая, что психические функции являются производными нейродинамических процессов, психофизиологическое тестирование обеспечивает изучение и оценку функциональных характеристик как психического, так и нейродинамического компонентов функциональной подготовленности спортсмена. Выбор тестовых нагрузок определяется психической структурой изучаемого вида спорта, т. е. выбором наиболее профессионально значимых психических качеств — скорости восприятия и переработки информации, анализа ситуации, помехоустойчивости, прогнозирования и реализации действий, быстроты и точности реакций и многих других. При этом каждая психическая функция оценивается с помощью лишь одного специального теста (Фомин, 1984).

Бланковые тесты представляют собой выполнение разнообразных простых и сложных умственных задач. Чаще всего используются следующие тесты: корректурная проба Бурдопа или Ландольта (вычеркивание на бланке заданных букв или колец с разрывом), цифровой тест Грюнбаума (операции с цифрами), черно-красная таблица Платонова (отыскивание заданных цифр), тест «перепутанные линии» (прослеживание направления ломаных линий), тест «память на числа» (запоминание чисел). По величине допускаемых ошибок и продолжительности выполнения тестовых заданий

оценивается психическое состояние или умственное утомление (Фомин, 1984 и др.).

Аппаратурные тесты представляют собой также выполнение разнообразных умственных задач, но с помощью специальной аппаратуры. Используются, главным образом, тесты на сенсомоторные реакции различной сложности. Наибольшее распространение получил **тест на простую сенсомоторную реакцию – ВР** (ответная реакция в виде нажатия кнопки при появлении звукового или светового раздражителя), с измерением времени скрытого периода этой реакции (ВР). Средняя величина ВР = 160—190 мсек. Увеличение этого показателя может свидетельствовать о наличии умственного утомления.

Время простой сенсомоторной реакции (ВР) измеряется с момента включения сигнала до момента выполнения заданной ответной реакции. В качестве сигнала используется акустический или световой раздражитель, который включается одновременно с электросекундомером. После ответной реакции, нажатия на кнопку, по циферблату электросекундомера регистрируется время простой двигательной реакции (Сучилин и др., 1988; Солопов, Герасименко, 1998).

Тест на сложную пространственно-временную реакцию (**реакция на движущийся объект - РДО**) используется для изучения соотношения возбуждательных и тормозных процессов в коре головного мозга. С помощью этого теста оценивается уровень стабильности функционирования центральной нервной системы и даже прогнозируется надежность выступлений на соревнованиях.

Определение РДО проводится с помощью специального электросекундомера, стрелка которого на конце несколько увеличена и выступает в роли движущегося объекта. Нижняя половина циферблата закрывается специальной шторкой. Основная задача испытуемых состоит в остановке стрелки (движущегося объекта) на отметке «О» на циферблате. Циферблат секундомера должен иметь нанесенные деления по 0,01 секунды. Одно деление рассматривается в качестве условной единицы ошибки реакции. Если испытуемый останавливает стрелку до отметки «О» (преждевременная реакция), то ошибка обозначается со знаком « - ». В том случае, если стрелка останавливается после отметки «О» (реакция запаздывания), то ошибка обозначается со знаком « + ». Производится три пробные попытки и десять зачетных. Рассчитывается средняя величина ошибки, среднее квадратическое отклонение, коэффициент точности в % и направленность ошибки (Солопов, Герасименко, 1998).

Для оценки подвижности основных нервных процессов, а также для определения силы нервной системы относительно возбуждения с успехом используется **теппинг-тест (максимальная частота малоамплитудных движений)**. Этот тест заключается в определении максимальной частоты движений кисти. Теппинг-тест отражает функциональное состояние двигательного аппарата и силу нервной системы.

Для проведения теста на бумагу наносят квадрат 20 х 20 см и делят его двумя линиями на четыре равные части. Испытуемый в течении 10 с в максимальном темпе ставит точки в первом квадрате, через 20 с - во втором и т.д.

Для оценки результатов подсчитывают число точек в каждом квадрате, соединяя все точки между собой. Резкое снижение частоты движений, т.е. уменьшение числа точек от квадрата к квадрату, свидетельствует о недостаточной подвижности нервных процессов, а она, в свою очередь, - о замедлении процесса вработываемости. Этот тест используется для контроля за скоростными качествами, ловкостью и развитием утомления (Готовцев, Дубровский, 1981; Солопов, Бакулин, 1996; Солопов, Герасименко, 1998).

Личностные тесты представляют собой письменные ответы (в виде подчеркиваний или специальных знаков) на стандартные письменные вопросы или высказывания, которых в разных тестах имеется от 5—10 до 400—500. Эти тесты (опросники) рассчитаны на оценку личностных особенностей в двух аспектах. Одна группа тестов дает возможность изучения и оценки генетически детерминированных (врожденных) и более устойчивых психических качеств, определяющих формирование личностных особенностей человека. К этим тестам относятся *Минесотский многосторонний личностный опросник (ММПИ)*, содержащий 384 высказывания (после адаптации на русский язык), *тест Кетелла* (187 вопросов, отражающих 16 факторов личности), *тест Айзенка* (57 вопросов) для оценки полярных свойств личности: экстраверсии — интроверсии и невротизма. Применение этих тестов является предметом «чистой» психологии.

Большой интерес представляют тесты второй группы, позволяющие оценивать психическое состояние в данный момент. *Тест «САН» (самочувствие, активность, настроение)* — наиболее простой и распространенный. Содержит 30 пар прилагательных—антонимов, между которыми расположена 7-бальная шкала. Все пары разбиты на 3 группы, соответствующие названным признакам. Используется для оценки психического состояния и утомления.

«Шкала личностной и реактивной тревожности» («ШЛРТ»), разработанная Спилбергером. Этот тест позволяет достаточно объективно оценить психическое состояние спортсмена по двум характеристикам: уровень обычной (личностной) тревожности (напряженности), обусловленной преимущественно врожденными свойствами и уровень психической тревожности (напряженности) в данный момент, обусловленный воздействием окружающей среды и режимом тренировочного процесса. Тест имеет два варианта— основной (20 высказываний) и сокращенный (всего 5 высказываний). По данным автора и по опыту наших исследований, достаточно пользоваться сокращенным вариантом.

Одними из важнейших характеристик психического компонента функциональной подготовленности являются такие психические качества,

как восприятие, внимание, прогнозирование и реализация действий (Фомин, 1984).

Определение уровня восприятия оценивается по результатам тестов на точность оценки мышечных усилий и пространственных положений.

Точность дозирования мышечных усилий спортсменами изучается общепринятыми методами и может осуществляться в нескольких модификациях, например, с учетом вида спорта.

В одной из таких модификаций производится определение точности дозирования мышечных усилий при прыжке вверх. Это осуществляется с помощью измерителя высоты выпрыгивания, состоящего из контактной платформы с миллисекундомером. Испытуемый располагается на контактной платформе и максимально возможным усилием выполняет прыжок вверх со взмахом рук. Время нахождения испытуемого в безопорном положении, переведенное по таблице пересчета, указывает на высоту подъема общего центра массы испытуемого. Затем испытуемому предлагается выполнить прыжок вверх с усилием в $1/3$, $1/2$, $1/4$ от максимально возможного. Рассогласование между истинным значением высоты выпрыгивания с данными, полученными в ходе исследования, служит показателем способности дозировать мышечные усилия.

Глава 5.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ НЕЙРОДИНАМИЧЕСКОГО КОМПОНЕНТА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СПОРТСМЕНОВ

Нейродинамические исследования у спортсменов проводятся в покое, в процессе выполнения психологических тестов и разнообразных физических упражнений.

Весьма информативным для оценки нейродинамических процессов является метод исследования функции мозга - регистрация электрической активности (*электроэнцефалография - ЭЭГ*), используется преимущественно в лабораторных условиях (Сологуб, 1989). При этом исследовании измеряются и оцениваются ритмы ЭЭГ, характеризующие функциональное состояние центральной нервной системы.

Применение компьютерной техники и новых методов анализа ЭЭГ (кросскорреляционный, спектральный, когерентный и др.) существенно повышает информативность ЭЭГ-диагностики.

Для оценки функционального состояния ЦНС осуществляется регистрация и анализ *сверхмедленных электрических потенциалов (МЭП)*, отражающих интенсивность метаболических процессов в нервных клетках. Установлено, что с увеличением выраженности МЭП возрастает надежность реализации высоких спортивных результатов.

Весьма информативной методикой для оценки эмоционального напряжения по вегетативному компоненту является измерение *кожно-гальванической реакции (КГР)*. В основе этой реакции лежит изменение кожно-гальванического потенциала или электрокожного сопротивления в т. н. «психогенных» зонах потовых желез (лобная область и поверхность ладоней и стоп).

Этот показатель является весьма информативным в оценке адаптационно-трофического влияния симпатической нервной системы, обуславливающего уровень общего неспецифического возбуждения, тонуса высших отделов ЦНС, а также возбудимость и лабильность скелетных мышц, рецепторов и других периферических органов (Кучкин, Ченегин, 1981).

При контроле срочного и отставленного тренировочного эффекта определяют два вида КГР: фазные и тонические. Тонические КГР проявляются медленными постепенными сдвигами фонового уровня ЭПК. При оптимальной величине тренировочных нагрузок фоновая ЭПК в начале тренировки быстро нарастает, затем нарастание продолжается замедленно и происходят колебания вокруг среднего уровня в зависимости от интенсивности работы, а после окончания работы ЭПК сначала быстро, а потом медленно снижается.

Максимальный уровень ЭПК может превышать исходный уровень в 4-5 раз. При малой величине нагрузок повышение ЭПК относительно невелико. Околопредельные нагрузки, приводящие к сильному утомлению,

приводят либо к очень сильному, более чем в 5 раз, повышению ЭПК, либо к снижению ее уровня во 2-ой половине тренировки, несмотря на то, что интенсивность работы не уменьшается (Кучкин, Ченегин, 1981).

Весьма широко используются нейрофизиологические методы косвенной оценки функционального состояния ЦНС. Наиболее распространенные из них - измерение световой и электрической чувствительности глаза, слуховой, вестибулярной и суставно-мышечной чувствительности. Учитывая, что длительность скрытого периода простой сенсомоторной реакции определяется преимущественно величиной «корковой задержки», показатель времени реакции (ВР) используется для оценки возбудимости корковых процессов (Фомин, 1984).

Довольно часто используется тест измерения *критической частоты слияния световых (или звуковых) мельканий — КЧСМ*, характеризующий подвижность корковых процессов. При утомлении показатель КЧСМ снижается, а ВР увеличивается, а при эмоциональном напряжении — наоборот.

КЧСМ измеряется следующим образом: испытуемому предъявляют ритмические световые стимулы определенной интенсивности, частота которых может регулироваться. При определенной частоте световых импульсов испытуемый воспринимает стимул без пульсации (произошло их субъективное слияние). У каждого человека своя КЧСМ (число импульсов в секунду - Гц).

КЧСМ зависит от функциональной подвижности (лабильности) нервных процессов, которая, в свою очередь, чувствительна к изменению психического состояния человека. Величина КЧСМ повышается по сравнению с фоном, когда человек возбужден, и снижается при значительном утомлении. Было установлено, что чем выше величина КЧСМ до начала утомительной работы, тем больше ее снижение после работы. При малых исходных значениях величина КЧСМ может несколько повышаться по завершении деятельности. При диагностике утомления и переутомления исходный уровень величины КЧСМ имеет существенное значение (Дубровский, 1991).

Диагностировать напряженность и стабильность вегетативной регуляции возможно при помощи длительного контроля частоты сердечных сокращений с последующим математическим анализом сердечного ритма, получившего название *вариационной пульсометрии* (Парин, Баевский, 1963).

Для этого в покое непрерывно регистрируются 100 интервалов R - R ЭКГ в одном из биполярных отведений. Затем рассчитывается ряд показателей, к которым относятся:

Глава 6.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ЭНЕРГОПРОДУКЦИИ СПОРТСМЕНОВ

6.1. Исследование развития анаэробных возможностей

Анаэробная производительность определяется уровнем развития двух механизмов ресинтеза АТФ: 1) алактатного (креатинфосфокиназного) и 2) гликолитического (лактатного).

У алактатного механизма имеется два показателя мощности: пиковая анаэробная мощность (ПАМ) и максимальная анаэробная мощность (МАМ). ПАМ отражает мгновенную мощность, а МАМ отражает мощность работы, которая может поддерживаться в течение нескольких секунд (5—6) и достигает значений в 3.600 кДж/кг.мин.

Мощность гликолитического механизма характеризуется скоростью накопления молочной кислоты в крови в мМ/кг.мин и составляет до 20-и у нетренированных и до 35-и у более тренированных. Энергия гликолитического механизма меньше алактатного и составляет около 2,500 кДж/кг мин. Гликолитическая мощность измеряется величиной лактата, отнесенной ко времени выполнения теста (от 20 до 90 с).

ПАМ измеряется в прыжке вверх (по Абалакову), а затем по специальным таблицам в зависимости от массы тела и высоты прыжка определяется мощность, достигаемая при этом. МАМ определяется в тесте Маргариа, когда испытуемый взбегаёт по лестнице и измеряется максимальная скорость, достигаемая при этом.

Следует добавить, что наряду с указанными методами оценки анаэробного лактатного механизма энергообеспечения в практике могут быть использованы и косвенные показатели гликолитического механизма. В частности, таковыми являются содержание (процентное) в мышечной ткани «белых» мышечных волокон и гликогена (определяется методом биопсии).

Оценка анаэробного алактатного механизма энергообеспечения работы может производиться путем химического анализа проб мышечной ткани, полученных методом биопсии. При этом определяются запасы КрФ в мышечной ткани.

6.2. Определение аэробной производительности

Аэробная производительность организма является основой базовой функциональной подготовленности организма и определяет как общую, так и в значительной степени специальную работоспособность.

Аэробная способность организма определяется величиной максимального потребления кислорода (МПК или $O_{2\text{макс.}}$) и выражается в л/мин

- абсолютное или в мл/мин-кг - относительное МПК, представляющее отношение МПК к весу тела.

Измерение МПК производится прямым (с газоанализом выдыхаемого воздуха) и косвенными методами. Чаще всего МПК определяется при выполнении мышечной нагрузки на велоэргометре, на тредбане, во время плавания в гидроканале или «на привязи», по мощности соответствующей уровню индивидуальной критической мощности. Критериями наступления МПК являются ЧСС выше 180 - 200 уд/мин, содержание молочной кислоты в крови выше 100 - 120 мг% (6 - 8 мМ/л), повышение дыхательного коэффициента (отношения объема выделения углекислого газа к объему потребления кислорода) выше 1,0.

При прямом определении МПК испытуемый, после предварительной разминки, совершает работу, мощность которой ступенчатообразно возрастает. При этом на каждой ступени нагрузки производится газоанализ выдыхаемого воздуха и регистрация уровня легочной вентиляции.

Выделяют следующие основные критерии достижения величины МПК:

1. Дыхательный коэффициент увеличивается до 1,1 - 1,2 и более;
2. Появляется плато на графике зависимости потребления кислорода от мощности работы;
3. Концентрация лактата в крови достигает более 80 - 100 мг/%;
4. ЧСС увеличивается до 190 - 200 уд/мин или достигает индивидуального максимума в зависимости от возраста;
5. Величина артериального давления достигает 180 - 200 мм рт. ст.

Однако прямое определение аэробной производительности в плавании сопряжено с определенными трудностями, а иногда и с отсутствием надлежащей аппаратуры. Поэтому довольно часто прибегают к определению МПК косвенным путем.

При косвенном определении МПК удастся избежать использования максимальных нагрузок, что иногда является нежелательным (особенно при частом тестировании и в соревновательном периоде), так как в этом случае спортсмен выполняет работу субмаксимальной мощности. В основе косвенного метода определения МПК лежит имеющаяся, в определенном диапазоне, линейная зависимость между мощностью работы и такими показателями, как ЧСС, потребление кислорода, легочная вентиляция, минутный объем кровотока, дыхательный коэффициент и др.

Наибольшее распространение получили методы, основанные на линейной зависимости между мощностью работы и ЧСС:

Наиболее популярными являются методы - PWC_{170} (существуют различные модификации теста PWC_{170} для детей и подростков), методы номограмм.

Иногда пользуются тестом Купера (12 мин гладкий бег) с переводом дистанции в относительное МПК (см. табл. 5).

Таблица 5

**Таблица оценки величин МПК/вес по данным результатов
12-минутного гладкого бега в тесте К.Купера (Cooper, 1970)**

МПК/вес, мл/кг	Скорость, м/с	Расстояние, км
45 – 49	3,6	2,600
50 – 54	3,8	2,800
55 – 59	4,2	3,100
60 – 64	4,5	3,300
65 – 70	4,9	3,500
71	5,2	3,800

Этот метод заключается в пробегании с максимально доступной скоростью наибольшей дистанции в течение 12 мин. Степень физической подготовленности оценивается в зависимости от преодоленной дистанции в баллах: 1 - меньше 1,6 км; 2 - 1,6 - 1,9 км; 3 - 2,0 - 2,4 км; 4 - 2,41 - 2,6 км; 5 - более 2,8 км.

Относительное МПК по результатам преодоленного расстояния за 12 мин бега находят из таблицы 2.

Метод Остранда-Риминга основан на использовании номограммы. При этом методе испытуемый выполняет однократную нагрузку, задаваемую любым образом, при котором можно определить ее мощность и регистрируется ЧСС в устойчивом состоянии. По номограмме определяют вероятное значение МПК.

Метод В.Л.Карпмана и др. (1972) основан на использовании для определения МПК формулы, выведенной на основании связи между МПК, определенным прямым методом, и PWC_{170} .

Для представителей циклических видов спорта используется следующая формула:

$$МПК = 2.2 \cdot PWC_{170} + 1070.$$

Для спортсменов скоростно-силовых видов спорта используется следующая формула:

$$МПК = 1,7 \cdot PWC_{170} + 1240.$$

6.3. Определение порога анаэробного обмена

Уровень использования аэробных возможностей (эффективность аэробного механизма) может быть оценен по показателю порога анаэробного обмена (ПАНО), который выражается в % от МПК. Для проявления аэробных процессов большое значение имеет тот уровень мощности работы, начиная с которого наряду с аэробным механизмом энергообеспечения включается гликолитический. Этот уровень мощности работы принято называть порогом анаэробного обмена. При повышении мощности работы гликолитическое энергообеспечение возрастает до тех пор, пока не будет достигнута критическая скорость. Это та мощность работы, при которой достигается МПК.

В практике используется несколько методов определения ПАНО. Один из них основан на расчете показателя ExsCO_2 - избыточного выделения углекислого газа, характеризующий количество молочной кислоты, которое нейтрализуется в бикарбонатной буферной системе крови. Эта нейтрализация сопровождается выделением дополнительных, по сравнению с уровнем тканевого метаболизма, количеств углекислого газа.

Другой метод определения ПАНО осуществляется по величине концентрации молочной кислоты в крови 4 ммоль/л (36 мг%). В этом случае используются нагрузки, мощность работы при которых ступенчато возрастают (2—3 ступени). После каждой ступени производится определение содержания молочной кислоты в крови. В заключении строится график зависимости лактат (уровень молочной кислоты) — мощность нагрузки.

Показатель ПАНО зависит от уровня тренированности спортсмена. Так, у нетренированных лиц ПАНО обнаруживается при мощности работы, соответствующей 40% от МПК и ниже, а у высококвалифицированных спортсменов — 70% от МПК и выше.

Повышение уровня ПАНО с ростом тренированности объясняется увеличением способности тренированных мышц окислять жиры. Высокий уровень ПАНО выгоден организму, так как при работе с интенсивностью ниже ПАНО в качестве преобладающего источника энергии используются жиры, весьма выгодные для организма экономически.



Глава 7.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ У СПОРТСМЕНОВ

Сердечно-сосудистая система с ее многоуровневой регуляцией представляет собой функциональную систему, конечным результатом деятельности которой является обеспечение заданного уровня функционирования целостного организма (Баевский и др. 2001).

Обладая сложными нейро-рефлекторным и нейрогуморальным механизмами, система кровообращения обеспечивает своевременное адекватное кровоснабжение соответствующих структур. При прочих равных условиях можно считать что любому заданному уровню функционирования целостного организма соответствует эквивалентный уровень функционирования аппарата кровоснабжения. Таким образом, современным методологическим приемом позволяющим одновременно получить информацию о состоянии нескольких регуляторных механизмов, является исследование кардиогемодинамики и ее вегетативного обеспечения, обладающих достаточно высокой чувствительностью к малейшим изменениям на различных уровнях структурно-функциональной организации живой системы.

Экспериментальное изучение функциональных характеристик сердечно-сосудистой системы организма спортсмена на разных уровнях адаптационного процесса неизбежно связано с необходимостью разнопланового подхода к тестированию физиологических функций аппарата кровообращения. Для формирования адекватной оценки уровня развития функциональных характеристик необходимо иметь представление о проводимости кардиомиоцитов, что дает в свою очередь информацию о морфологических изменениях в сердечной мышце. Параметры вегетативной регуляции – позволяют сформировать представление об адаптационных процессах, а так же индивидуально-типологическом характере свойственных изменений спортсменов как разного уровня тренированности, так и присущих особенностях для различных видов спорта. Гемодинамические параметры являются так же важнейшим элементом исследования и дают возможность оценить совершенство механизмов окислительно-субстратного обеспечения в соответствии с индивидуально-типологическими особенностями. В совокупности эти три направления реализуют системный подход, который в свою очередь способен сформировать разноплановую оценку функциональной мощности, экономичности и мобилизации аппарата кровообращения как системы обладающей сложным многоуровневым регуляторным механизмом.

7.1. Исследование биоэлектрической активности сердечной мышцы

Исследование электрической активности сердца в настоящее время имеет одно из ключевых значений в интегративной оценке функционально-

го состояния сердечно-сосудистой системы, так как дает возможность оценки как тренированности организма в целом, так и заблаговременной диагностики перетренерованности и сопряженной с ней патологических состояний различного генеза. Наиболее доступным в аппаратном обеспечении является метод записи ЭКГ в 12 стандартных отведениях в состоянии покоя и при выполнении функциональных проб. Недостатком данного метода является достаточная сложность в интерпретации, а так же в представлениях об особенностях кардиограммы спортсменов, имеющей сходство с рядом явлений отражающих патологические процессы на кардиограммах не тренирующихся людей.

Электрокардиограмма — это запись колебаний разности потенциалов, возникающих на поверхности возбудимой ткани или окружающей сердце проводящей среды при распространении волны возбуждения по сердцу. Запись ЭКГ производится с помощью электрокардиографов — приборов, регистрирующих изменения разности потенциалов между двумя точками в электрическом поле сердца (например на поверхности тела) во время его возбуждения. Современные электрокардиографы отличаются высоким техническим совершенством и позволяют осуществить как одноканальную, так и многоканальную запись ЭКГ

Изменения разности потенциалов на поверхности тела, возникающие во время работы сердца, фиксируют с помощью различных систем отведений ЭКГ.

Стандартные двухполюсные отведения, предложенные в 1913 г. Эйнтховеном, фиксируют разность потенциалов между двумя точками электрического поля, удаленными от сердца и расположенными во фронтальной плоскости — на конечностях. Для записи этих отведений электроды накладывают на правой руке (красная маркировка), левой руке (желтая маркировка) и на левой ноге (зеленая маркировка) (рис. 11). Четвертый электрод устанавливается на правую ногу для подключения заземляющего провода (черная маркировка).

Стандартные отведения от конечностей регистрируют при следующем попарном подключении электродов:

- I отведение — левая рука (+) и правая рука (–);
- II отведение — левая нога (+) и правая рука (–);
- III отведение — левая нога (+) и левая рука (–).

В центре равностороннего треугольника Эйнтховена расположен электрический центр сердца, или точечный единый сердечный диполь, одинаково удаленный от всех трех стандартных отведений.

Усиленные отведения от конечностей

Усиленные отведения от конечностей были предложены Гольдбергером в 1942 г. Они регистрируют разность потенциалов между одной из конечностей, на которой установлен активный положительный электрод данного отведения (правая рука, левая рука или левая нога), и средним потенциалом двух других конечностей (рис.12).

aVR — усиленное отведение от правой руки;
 aVL — усиленное отведение от левой руки;
 aVF — усиленное отведение от левой ноги.

Электрический центр сердца как бы делит оси этих отведений на две равные части: положительную, обращенную к активному электроду, и отрицательную, обращенную к объединенному электроду Гольдбергера.

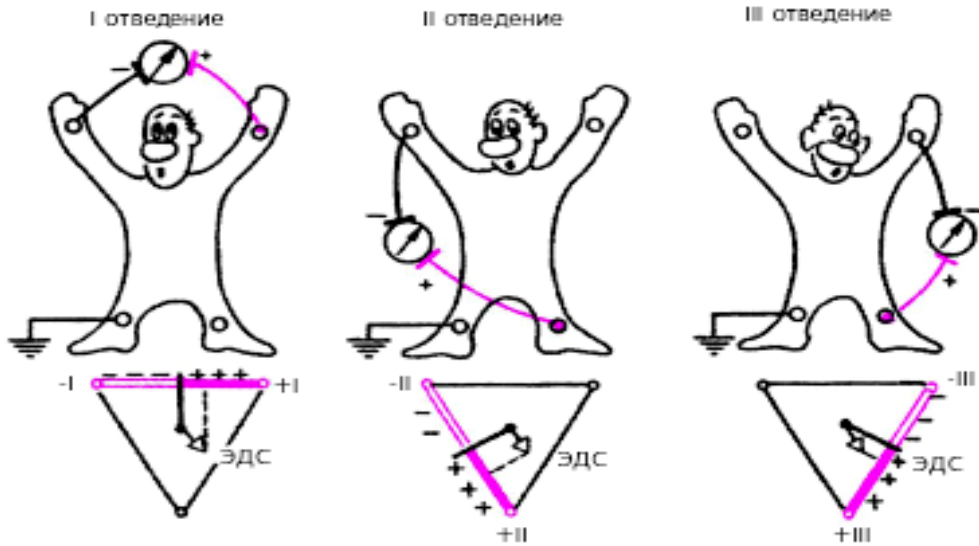


Рис. 11. Схема формирования трех стандартных электрокардиографических отведений от конечностей.

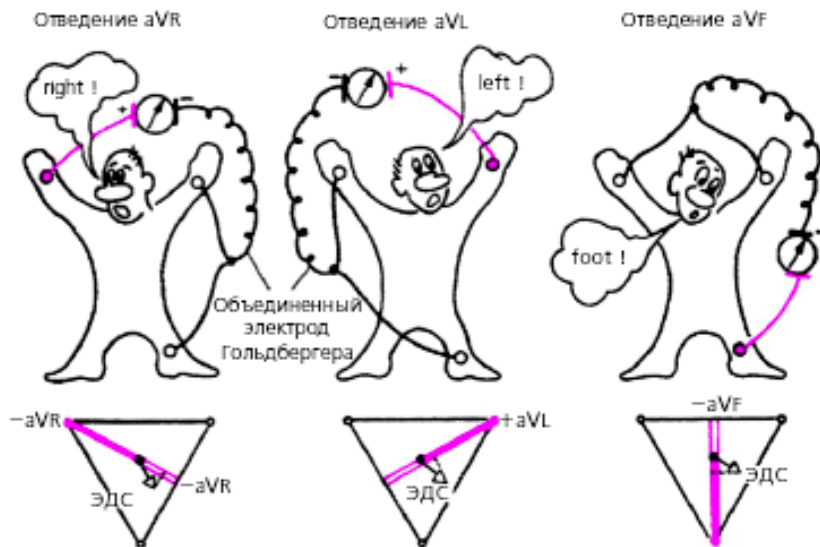


Рис. 12. Схема формирования трех усиленных однополюсных отведений от конечностей.

Шестиосевая система координат (по Bayley)

Стандартные и усиленные однополюсные отведения от конечностей дают возможность зарегистрировать изменения ЭДС сердца во фронтальной плоскости, т.е. в плоскости, в которой расположен треугольник Эйнхovens. Для более точного и наглядного определения различных отклонений ЭДС сердца в этой фронтальной плоскости была предложена так называемая шестиосевая система координат (Bayley, 1943). Она получается при совмещении осей трех стандартных и трех усиленных отведений от конечностей, проведенных через электрический центр сердца. Последний делит ось каждого отведения на положительную и отрицательную части, обращенные, соответственно, к активному (положительному) или к отрицательному электроду (рис. 13.).

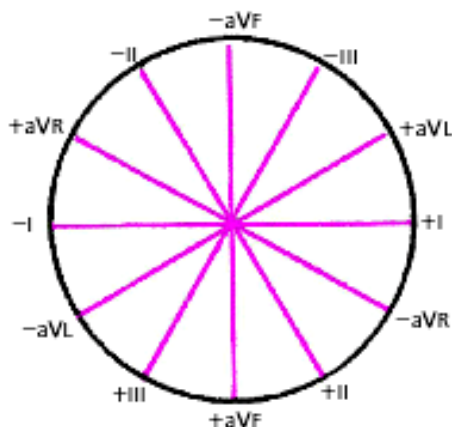


Рис.13. Шестиосевая система координат по Bayley.

Электрокардиографические отклонения в разных отведениях от конечностей можно рассматривать как различные проекции одной и той же ЭДС сердца на оси данных отведений. Поэтому, сопоставляя амплитуду и полярность электрокардиографических комплексов в различных отведениях, входящих в состав шестиосевой системы координат, можно достаточно точно определять величину и направление вектора ЭДС сердца во фронтальной плоскости.

Направление осей отведений принято определять в градусах. За начало отсчета (0) условно принимается радиус, проведенный строго горизонтально из электрического центра сердца влево по направлению к положительному полюсу I стандартного отведения. Положительный полюс II стандартного отведения расположен под углом $+60^\circ$, отведения aVF — под углом $+90^\circ$, III стандартного отведения — под углом $+120^\circ$, aVL — под углом -30° , а aVR — под углом -150° к горизонтали. Ось отведения aVL перпендикулярна оси II стандартного отведения, ось I стандартного отведения перпендикулярна оси aVF, а ось aVR перпендикулярна оси III стандартного отведения.

Грудные отведения

Грудные однополюсные отведения, предложенные Wilson в 1934 г., регистрируют разность потенциалов между активным положительным электродом, установленным в определенных точках на поверхности грудной клетки (рис.14), и отрицательным объединенным электродом Вильсона. Последний образуется при соединении через дополнительные сопротивления трех конечностей (правой руки, левой руки и левой ноги), объединенный потенциал которых близок к нулю (около 0,2 мВ).

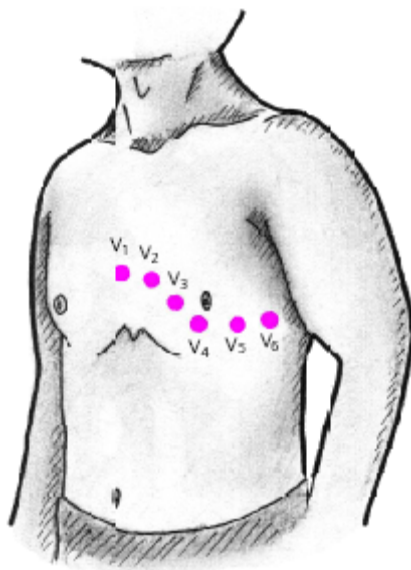


Рис. 14. Места наложения 6 грудных электродов

Обычно для записи ЭКГ используют 6 общепринятых позиций активных электродов на грудной клетке:

- отведение V_1 — в IV межреберье по правому краю грудины;
- отведение V_2 — в IV межреберье по левому краю грудины;
- отведение V_3 — между второй и четвертой позицией (см. ниже), примерно на уровне V ребра по левой парастернальной линии;
- отведение V_4 — в V межреберье по левой срединно-ключичной линии.
- отведение V_5 — на том же горизонтальном уровне, что и V_4 , по левой передней подмышечной линии;
- отведение V_6 — по левой средней подмышечной линии на том же горизонтальном уровне, что и электроды отведений V_4 и V_5 .

В отличие от стандартных и усиленных отведений от конечностей, грудные отведения регистрируют изменения ЭДС сердца преимущественно в горизонтальной плоскости. Как показано на рис.15, ось каждого грудного отведения образована линией, соединяющей электрический центр сердца с местом расположения активного электрода на грудной клетке. На рисунке

видно, что оси отведений V_1 и V_5 , а также V_2 и V_6 оказываются приблизительно перпендикулярными друг другу.

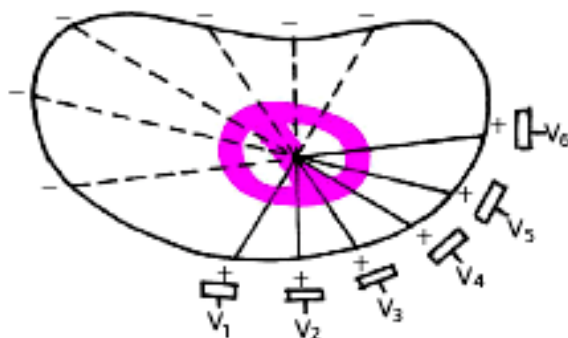


Рис. 15. Расположения осей 6 грудных электрокардиографических отведений в горизонтальной плоскости

Общая схема (план) расшифровки ЭКГ

I. Анализ сердечного ритма и проводимости:

- оценка регулярности сердечных сокращений;
- подсчет числа сердечных сокращений;
- определение источника возбуждения;
- оценка функции проводимости.

II. Определение поворотов сердца вокруг переднезадней, продольной и поперечной осей:

- определение положения электрической оси сердца во фронтальной плоскости;
- определение поворотов сердца вокруг продольной оси;
- определение поворотов сердца вокруг поперечной оси.

III. Анализ предсердного зубца P.

IV. Анализ желудочкового комплекса QRS-T:

- анализ комплекса QRS;
- анализ сегмента RS-T;
- анализ зубца T;
- анализ интервала Q-T.

особенности ЭКГ у спортсменов

1. Синусовая брадикардия

Среди самых частых находок на ЭКГ атлета - синусовая брадикардия, или частота сердечных сокращений (ЧСС) меньше 60 в минуту (рис.16). Этот феномен является у атлета вариантом нормы, в то время как у физически неактивных лиц может указывать на патологию и быть предметом диагностического поиска. Синусовая брадикардия часто служит показателем хорошей тренированности спортсмена в отношении кардиореспираторной выносливости. Существуют работы, где показана значимая отрицательная

корреляция между частотой сердечных сокращений (ЧСС) в покое и уровнем максимального потребления кислорода (МПК).

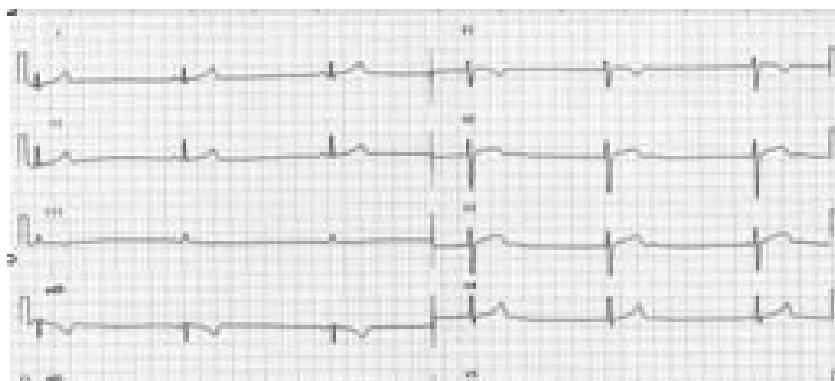


Рис. 16. Синусовая брадикардия у спортсменки, 20 лет, мастера спорта по лыжным гонкам, с частотой сердечных сокращений 34 в минуту (скорость движения ленты 25 мм/с).

Свыше 80% спортсменов имеют синусовую брадикардию в покое, в зависимости от вида спорта. О нижней границе нормальной ЧСС в покое у спортсменов единого мнения нет. Так, в одной из наиболее авторитетных работ по физиологии спорта Wilmore и Costill, указывается на ЧСС атлета от 30 до 50 уд./мин. Однако существует наблюдение, в котором один из стайеров имел бессимптомную брадикардию с ЧСС в покое 25 уд./мин. Также сообщается о бессимптомных синусовых паузах более 2 секунд у спортсмена. У бегунов, в одном из наблюдений, наблюдались паузы свыше 2,55 секунд в период бодрствования и до 2,8 секунд во время сна. В целом, бессимптомная синусовая пауза и остановка синусового узла, менее 3 секунд, согласно последним зарубежным рекомендациям, обычно являются незначимыми событиями.

Оценивать адекватность функции синусового узла у спортсменов при нагрузочном тестировании или с помощью холтеровского мониторирования ЭКГ (в том числе, в течение физической нагрузки), рекомендуется при наличии морфологической сердечной патологии, или без нее, в случае выраженной брадикардии, сопровождающейся клинической симптоматикой.

В отсутствие симптоматики (синкопальные, либо пресинкопальные состояния) при синусовой брадикардии, атлету не следует предписывать ограничение участия в спортивных состязаниях, если это не продиктовано наличием основной морфологической патологией сердца.

2. Синусовая аритмия.

Это состояние часто встречается у спортсмена, и считается вызванным зависимым от дыхания изменением ЧСС (рис.17). Регистрация синусовой

аритмии у атлетов, отчасти, считается связанной с тем, что среди них часто встречаются лица молодого возраста, которым свойственна подобная реакция сердечного ритма. По данным отечественных авторов, резкая синусовая аритмия с разницей между сердечными циклами от 0,31 до 0,60 секунд, встречается у 3,6 % спортсменов. Существует мнение, что выраженность синусовой аритмии растет параллельно с ростом тренированности спортсмена. Предположение, что частое сочетание синусовой аритмии с удлинением интервала PQ, наджелудочковыми экстрасистолами и другими изменениями, может указывать на ее патологическую природу, с нашей точки зрения несостоятельно, так как мы не располагаем доказательствами относительно влияния данного феномена на частоту неблагоприятных исходов у атлетов. Следует также отметить, что описанное состояние обычно разрешается на фоне физической нагрузки.



Рис. 17. Синусовая аритмия у футболиста, 25 лет, мастера спорта международного класса, игрока национальной команды России.

3. Миграция водителя ритма

Миграция водителя ритма может считаться нормой, и не требует дополнительного обследования, если не ведет к низкой ЧСС, сопровождающейся симптоматикой (рис.18). Хотя, в России, до сих пор, этот феномен, при его обнаружении у атлета, вызывает беспокойство не только у врачей общей практики, но и у специалистов по спортивной медицине и часто служит поводом для отстранения спортсмена от занятий спортом.

4. Изменения атриовентрикулярной проводимости

Атриовентрикулярная блокада I степени

От 10% до 33% спортсменов на ЭКГ имеют нарушение АВ-проводимости, определяемое как АВ-блокада I степени (интервал PQ >0,20 с). Не исключается, что популяция, в которой регистрировалась данная статистика, включала в основном спортсменов, тренирующих кардиореспираторную выносливость (циклические виды спорта), так как данные отечественных специалистов говорят об удлинении интервала PQ свыше 0,21 с у 2,2% спортсменов. Последние данные, на наш взгляд, больше соответствует

истине у смешанной популяции спортсменов, которая включает, в том числе, атлетов в скоростно-силовых видах спорта и спортивных единоборствах. Действительно, один из зарубежных обзоров ЭКГ здоровых мужчин в воинских частях показал, что только 0,65 % из них имели первую степень АВ-блокады.



Рис.18. Миграция водителя ритма от синусового узла к предсердиям у хоккеиста, 14 лет (I разряд по хоккею).

Исследования с проведением амбулаторного мониторинга ЭКГ продемонстрировали наличие у 40 % атлетов с первой степенью АВ-блокады, эпизодов АВ блокады II степени типа Mobitz 1. В общей популяции распространенность блокады типа Mobitz 1 составила 0,003 %. Это нарушение проводимости у атлетов исчезает при физической нагрузке и в условиях спортивных состязаний, и часто служит признаком высокой тренированности спортсмена.

Следует отметить, что АВ-блокада II степени типа Мобитц 2 не характерна для спортсмена и, как правило, является потенциальным маркером в отношении сердечной патологии, который требует дальнейшей оценки.

Атриовентрикулярная диссоциация с нерасширенными комплексами QRS также может чаще встречаться у спортсменов, в сравнении с физически неактивными лицами. В особенности, это относится к атлетам, тренирующим качество выносливости, и может являться следствием нарушения АВ-проводимости (рис.19).

Все вышеперечисленные изменения АВ-проводимости у спортсмена чаще всего носят функциональный характер и обусловлены высоким тонусом блуждающего нерва. Для дифференциальной диагностики функционального и органического замедления проведения по АВ-соединению, в практике спортивной медицины, чаще всего используют пробы со специфическими субмаксимальными и максимальными физическими нагрузками и пробу с атропином. Все изменения АВ-проводимости у спортсмена, в ти-

пичных случаях, при этом нивелируются, так как вышеназванные факторы устраняют повышенный тонус блуждающего нерва.



Рис.19. Атриовентрикулярная диссоциация у каратиста, 18 лет, мастера спорта международного класса.

Предположения относительно того, что АВ-блокады могут быть следствием избыточных физических нагрузок и тренировок, имеют право на существование. Однако следует помнить, что для синдрома перетренированности характерна повышенная активность симпатической системы, сопровождаемая высокой ЧСС и низкой вариабельностью сердечного ритма, в то время как АВ-блокады возникают на фоне низкой ЧСС.

Если же при проведении функциональных проб АВ-проводимость не восстанавливается до нормальных цифр, следует предполагать наличие органического поражения проводящей системы. Оно может встречаться у спортсменов, проводивших тренировки и состязания на фоне обострения очагов хронических инфекций, и служит поводом для особо тщательного врачебного контроля за атлетом, либо являются основанием для отстранения от участия в спортивных состязаниях.

5. Изменения внутрижелудочковой проводимости

Из нарушений внутрижелудочковой проводимости для спортсменов характерно замедление проведения электрического импульса по правой ножке пучка Гиса, которое проявляется наличием комплексов qRSr' в правых грудных отведениях (V1, V2 и, иногда, в V3); в ряде случаев встречается



ся комплекс $qrSR'$ в отведении $V1$ (иногда, и в $V2$) без значительного уширения желудочкового комплекса. Подобное нарушение проводимости чаще всего трактуется, как неполная блокада правой ножки пучка Гиса (НБПНПГ), которая является наиболее часто регистрируемым у атлетов феноменом, указывающим на замедление внутрижелудочковой проводимости. Здесь отечественная и зарубежная статистика не испытывает существенных расхождений и считает, что в видах спорта, требующих наличия качества выносливости, НБПНПГ имеется, примерно, у 50 % спортсменов. Иногда, при малой выраженности этого ЭКГ-феномена, специалисты по спортивной кардиологии даже не выносят его в заключение.

При уширении интервала QRS до 0,12 секунд, уровня полной БПНПГ, или при блокаде левой ножки пучка Гиса, требуется проведение дальнейших исследований, так эти изменения могут свидетельствовать о значимом органическом поражении миокарда.

6. Гипертрофия желудочков

Спортивное сердце, вопреки расхожему мнению, представляет оптимальный адаптированный вариант соотношения толщины стенки желудочков и размеров их полостей, при котором в процессе типичных для спортсмена максимальных физических нагрузок, сердечный выброс способен достичь величин, обеспечивающих наибольшую работоспособность. При этом, нарастает абсолютная толщина как стенок правых, так и левых камер сердца, а также объем полостей. Вследствие этого, электрическая активность правого и левого отделов сердца часто нивелирует признаки изолированной гипертрофии каждого из них. Таким образом, указания на гипертрофию левого и правого желудочков при ЭКГ-исследовании встречаются не так часто, как можно было бы предполагать (исключая зубец r' конечной части желудочкового комплекса в правых грудных отведениях, как косвенный признак гипертрофии правого желудочка). Исследователи, считающие, что у спортсменов часто наблюдаются электрокардиографические критерии гипертрофии левого желудочка (ГЛЖ), либо гипертрофии правого (ГПЖ) желудочка, пользуются, как правило, высокочувствительными и низкоспецифичными признаками этого состояния. Следует напомнить, что критерий Соколова-Лайона ($RV1$, либо $RV2 + SV5$, либо $SV6$) от 35 мм, имеет силу у лиц старше 35 лет; у людей же, не достигших этого возраста (какими и являются большинство спортсменов высокого уровня) для диагностики предложена величина вышеуказанного критерия 60 мм выше. Иногда высокая абсолютная величина толщины стенки левого желудочка и более тонкая грудная клетка у спортсменов в видах спорта на выносливость позволяет зарегистрировать критерии ГЛЖ на ЭКГ.

7. Изменения реполяризации

Синдром ранней реполяризации желудочков (СРРЖ). СРРЖ, проявляющийся элевацией точки J и сегмента ST, встречается у спортсменов с высокой частотой. Имеются данные отечественных специалистов, указывающие на то, что СРРЖ встречается у спортсменов в 8,9-9,4 % случаев, в

то время как у обычных людей частота его обнаружения составляет 1,5-2,2%. Данные о том, что изменения, характерные для СРРЖ, являются проявлениями дистрофического процесса, не нашли подтверждения, так как спортсмены, имеющие данный феномен, хорошо переносят тренировочные и соревновательные нагрузки. Элевация точки J обычно (но не всегда) исчезает с физической нагрузкой. СРРЖ может быть трудноразличим от изменений, отмеченных на ЭКГ при остром перикардите, так как для него характерна элевация сегмента ST. Однако клинические данные и локализация точки J в отведениях от нижней и передней стенки, в отличие от глобального характера ЭКГ-изменений при перикардите, могут помочь в дифференциальной диагностике этих двух состояний.

Изменения сегмента ST и зубца T. Нередко в спорте встречаются изменения конечной части желудочкового комплекса, не укладывающиеся в традиционные описания. Мы имеем в виду изменения, не являющиеся маркерами миокардиодистрофии вследствие физического перенапряжения (ДФМП) (стрессорной кардиомиопатии), гипертрофической кардиомиопатии (ГКМП), ишемии и других патологических состояний. Подобные изменения часто встречаются у людей с темным цветом кожи, так или иначе имеющих отношение к негроидной расе. Чаще всего они включают выраженную элевацию сегмента ST, сопровождаемую отрицательным зубцом T, более выраженную в правых грудных отведениях; кроме того, у спортсменов негроидной расы выявляются и некоторые морфологические особенности со стороны сердечно-сосудистой системы. В спорте же картина ЭКГ у данных атлетов может носить весьма непредсказуемый характер, имитируя различные патологические процессы, вплоть до острой ишемии миокарда. Учитывая большое количество легионеров, имеющих отношение к негроидной расе и выступающих в Российских командах самых разных уровней, нам приходится сталкиваться с проблемами гипердиагностики патологических состояний у подобных лиц. Реже схожие изменения могут встречаться и у лиц со светлым цветом кожи.

Изменения сегмента ST и зубца T могут выявляться у атлетов и в левых грудных отведениях, это касается также и возможной депрессии сегмента ST. Иногда они могут свидетельствовать о наличии ДМФП. Однако, в отличие от последней, при отсутствии значимой динамики в различные фазы тренировочного цикла, подобную ЭКГ-картину чаще всего следует признать для атлета вариантом нормы.

Зубцы T у спортсменов бывают заостренными и высокими. Они могут нормализоваться при физической нагрузке или инфузии изопротеренола.

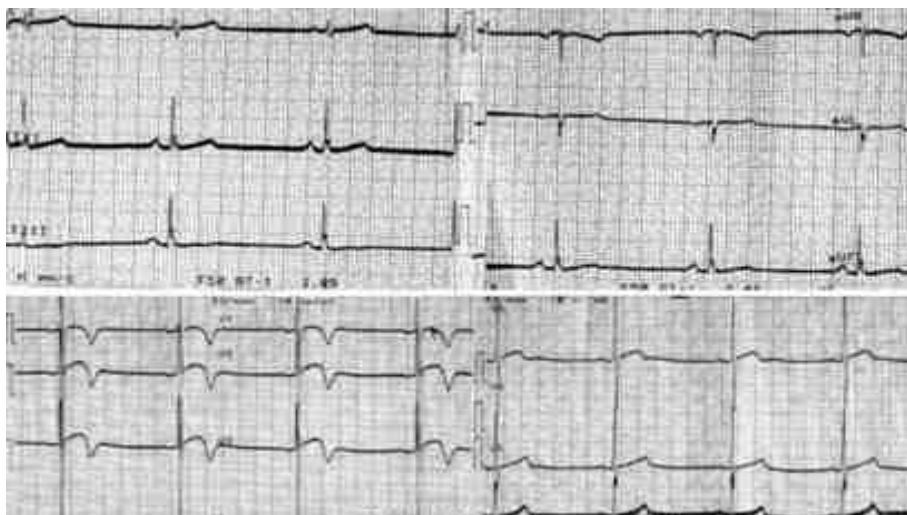


Рис.20. Изменения в правых грудных отведениях, имитирующие острую ишемию миокарда (скорость движения ленты – 25 мм/с).

Принципы дифференциальной диагностики физиологических и патологических изменений

Отличия вышеописанных изменений у спортсменов от патологических базируются на следующих признаках и данных доступных инструментальных методов исследований:

1)Отсутствие характерной клинической симптоматики, такой как болевой синдром, повышенная утомляемость, синкопальные и пресинкопальные состояния и др.

2)Отсутствие патологических изменений при эхокардиографии (ЭхоКГ), таких как гипокинезия стенок, гипертрофия межжелудочковой перегородки и др.

3)Отсутствие динамики, характерной для предполагаемой патологии, при использовании диагностических, в том числе нагрузочных, тестов (проба с атропином, стресс-ЭКГ, стресс-ЭхоКГ и др.). Следует отметить, что при нагрузочном тестировании важна регистрация параметров не только в процессе нагрузки, но и в ближайшем восстановительном периоде (желательно, не менее 10 минут после осуществления физической нагрузки).

4) Отсутствие видимой патологической динамики ЭКГ при длительном контроле за спортсменом в различные фазы тренировочного цикла.

Таким образом, ЭКГ спортсмена характеризуется значительной полиморфностью, что требует пристального внимания врача перед вынесением вердикта. Следует отметить, что вынесение заключения об отстранении спортсмена от тренировок и состязаний в период развития профессионального спорта, когда для атлета профессия становится источником дохода и при перспективе его карьерного роста, требует тщательного и продуманного подхода. Консультация специалиста по спортивной кардиологии позволяет решить возникшие проблемы.

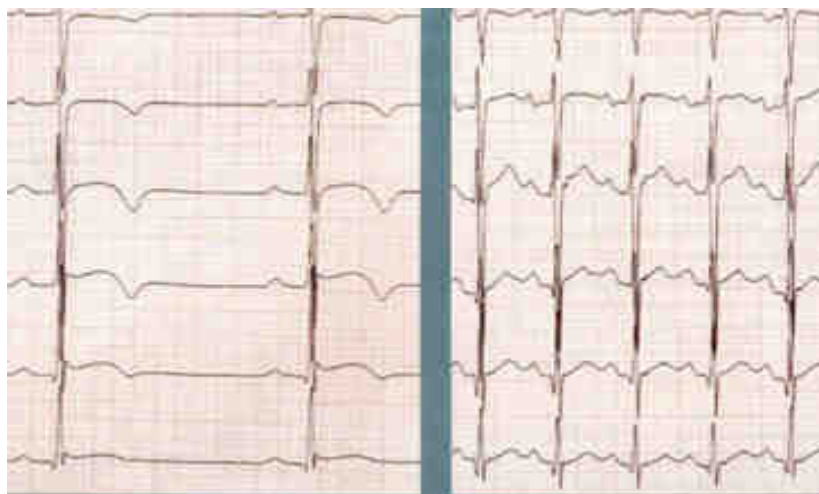


Рис. 21. ЭКГ с признаками патологии (слева) и нормальная стресс-ЭКГ (справа) у здорового футболиста 26 лет.

7.2. Исследование параметров гемодинамики

Метод реографии, благодаря своей простоте, относительно высокой информативности, безопасности и доступности, в последние годы получил широкое распространение в клинической практике. Метод дает возможность неинвазивного исследования гемодинамики практически любого органа или части тела. Реография позволяет изучить особенности артериального кровенаполнения органа или конечности, оценить состояние артериального тонуса, венозного оттока и коллатерального кровообращения, а также некоторых показателей центральной гемодинамики.

Реография — это метод исследования общего и регионарного кровообращения, основанный на графической регистрации изменений электрического сопротивления тканей, возникающих при прохождении по ним пульсовой волны.

Принцип метода. Живые ткани организма являются проводниками электрического тока. При этом разные ткани обладают разной электропроводностью, или, что то же, — разным электрическим сопротивлением. Наименьшим сопротивлением обладают жидкие среды организма, в первую очередь кровь. Поэтому, если через какой-то участок тела пропускать безвредный для организма переменный электрический ток высокой частоты (порядка 500 кГц) и малой силы (не более 10 мА) и одновременно регистрировать электрическое сопротивление этого участка, то окажется, что такое сопротивление будет постоянно меняться в связи с прохождением по тканям пульсовой волны. Чем больше кровенаполнение тканей, тем меньше их сопротивление. Таким образом, кривая изменения сопротивления хоро-

шо отражает кровенаполнение тканей при прохождении по ним пульсовой волны. На этом основана методика реографии.

Методика регистрации реограмм. Реограммы регистрируют с помощью реографов двух типов — биполярных и тетраполярных. Конструкция биполярных реографов (например РГ1–01 или 4РГ–1) предусматривает наложение на какой-либо участок тела двух электродов, между которыми пропускают переменный ток высокой частоты. Одновременно регистрируют изменение сопротивления на исследуемом участке тела.

В последнее время большое распространение получили тетраполярные реографы (например РПГ2-02), которые позволяют более точно измерять сопротивление тканей и, соответственно, количественно оценивать объемный кровоток в тканях. При использовании тетраполярного реографа два электрода служат для пропускания электрического тока, а еще два — для регистрации электрического сопротивления тканей.

В зависимости от целей исследований регистрируют интегральную реографию тела, грудную реографию, реографию легких, сосудов конечностей (реовазограмму), сосудов мозга (реоэнцефалограмму) и др. Измерительные электроды при этом располагают так, чтобы между ними оказалась исследуемая область

Реография — это метод исследования общего и регионарного кровообращения, основанный на графической регистрации изменений электрического сопротивления тканей, возникающих при прохождении по ним пульсовой волны.

Принцип метода. Живые ткани организма являются проводниками электрического тока. При этом разные ткани обладают разной электропроводностью, или, что то же, — разным электрическим сопротивлением. Наименьшим сопротивлением обладают жидкие среды организма, в первую очередь *кровь*. Поэтому, если через какой-то участок тела пропускать безвредный для организма переменный электрический ток высокой частоты (порядка 500 кГц) и малой силы (не более 10 мА) и одновременно регистрировать электрическое сопротивление этого участка, то окажется, что такое сопротивление будет постоянно меняться в связи с прохождением по тканям пульсовой волны. Чем больше кровенаполнение тканей, тем меньше их сопротивление. Таким образом, кривая изменения сопротивления хорошо отражает кровенаполнение тканей при прохождении по ним пульсовой волны. На этом основана *методика реографии*.

Методика регистрации реограмм. Реограммы регистрируют с помощью реографов двух типов — биполярных и тетраполярных. Конструкция *биполярных реографов* предусматривает наложение на какой-либо участок тела двух электродов, между которыми пропускают переменный ток высокой частоты. Одновременно регистрируют изменение сопротивления на исследуемом участке тела.

В зависимости от целей исследований регистрируют интегральную реографию тела, грудную реографию, реографию легких, сосудов конечно-

стей (реовазограмму), сосудов мозга (реоэнцефалограмму) и др. Измерительные электроды при этом располагают так, чтобы между ними оказалась исследуемая область (рис.22).

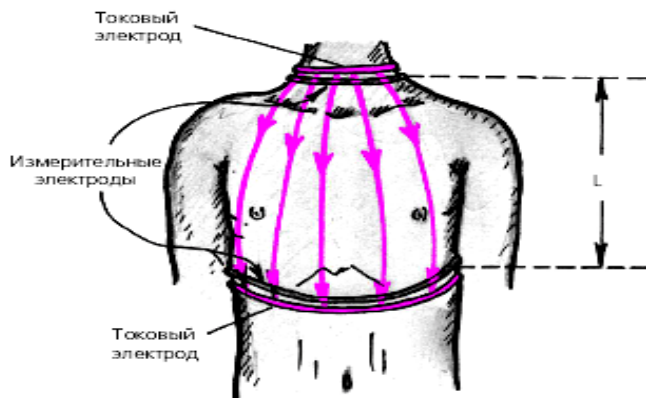


Рис. 22. Схема регистрации тетраполярной грудной реограммы.

При количественном анализе соответствующих реограмм учитывают величину так называемого базового сопротивления исследуемого участка тела — базового импеданса, который зависит от объема изучаемой зоны и ее удельного сопротивления и не включает в себя значения сопротивления, изменяющегося в результате прохождения по данному участку тела пульсовой волны.

Анализ реографической кривой. Анализ реограммы во многом напоминает анализ сфигмограмм центрального или периферического пульса. На реограмме можно выделить систолическую волну, обусловленную систолическим притоком крови в изучаемую область, и диастолическую волну, связанную преимущественно с венозным оттоком крови (рис.23).

К — контрольный сигнал, Аарт — амплитуда основной волны объемной реограммы (Ом), Асист — амплитуда объемной реограммы на уровне максимума скорости нарастания систолической волны, Авен — амплитуда венозной составляющей объемной реограммы на уровне максимальной скорости катакроды (Ом), Аинц — амплитуда инцизуры объемной реограммы (Ом), Адикр — амплитуда дикротической волны (Ом), Адиф/мах., Адиф/сист и Адиф/диаст — соответствующие амплитуды дифференцированной реограммы (Ом · с⁻¹), а1 и а2 — соответственно, время быстрого и медленного кровенаполнения (с), Тсист — период изгнания (с), ИР — длительность периода изоволюметрического расслабления (рассчитывается по реограмме аорты или легочной артерии), Qх — показатель, косвенно характеризующий скорость распространения пульсовой волны (с)

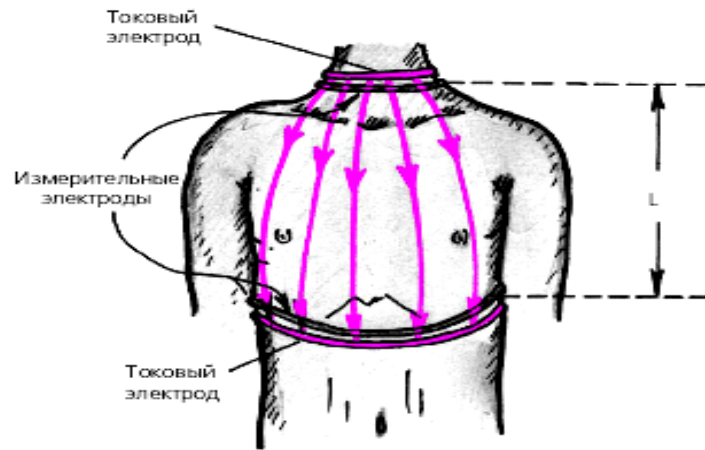


Рис. 23. Схема регистрации тетраполярной грудной реограммы.

При количественной оценке реографической кривой рассчитывают следующие показатели:

1. Реографический индекс (РИ) — отношение максимальной амплитуды систолической волны к высоте калибровочного импульса ($A_{арт}/K$). Этот покапоказатель характеризует величину суммарного кровенаполнения исследуемой области.

2. Амплитуда реограммы в момент достижения максимальной скорости подъема кривой ($A_{сист}$), а также ее отношение ко времени этого подъема ($A_{сист}/a_1$). Эти два показателя отражают величину и скорость кровенаполнения артерии изучаемого участка тела.

3. Максимальная амплитуда первой производной реограммы ($A_{диф/мах}$).

4. Систолю-диастолический показатель — отношение амплитуды систолической волны реограммы к максимальной амплитуде ее диастолической части ($A_{арт}/A_{дикр}$). Этот показатель косвенно характеризует состояние венозного оттока.

5. Индекс эластичности (ИЭ) — отношение максимальной амплитуды систолической волны к ее амплитуде в конце периода наполнения сосудистой области ($A_{арт}/A_{вен}$). Это отношение является косвенным показателем эластичности сосудистой стенки.

6. Индекс тонуса (ИТ) — отношение амплитуды реограммы в нижней точке инцизуры к максимальной амплитуде систолической волны ($A_{инц}/A_{арт}$) — отражает величину тонуса сосудистой стенки и хорошо коррелирует с величиной общего периферического сопротивления.

7. Временной интервал Q_x (время от начала комплекса QRS ЭКГ до начала анакротического подъема систолической волны реограммы), который характеризует скорость распространения пульсовой волны.

Рассчитывают и другие временные и амплитудные показатели объемной и дифференцированной реограммы (см. рис.24).

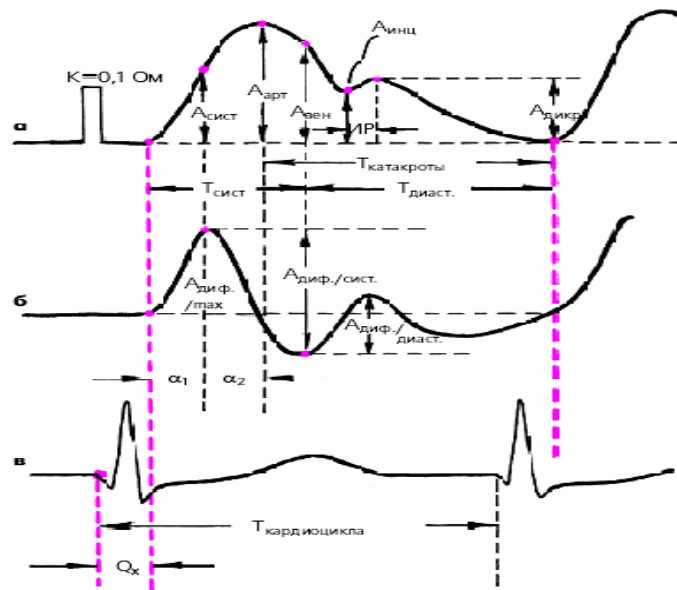


Рис. 24. Схема определения основных параметров объемной (а) и дифференцированной (б) реограммы, зарегистрированных синхронно с ЭКГ (в).

Тетраполярная грудная реография используется для косвенного неинвазивного определения основных показателей центральной гемодинамики — ударного (УО) и минутного объемов (МО) и общего периферического сопротивления (ОПС).

Грудные реограммы регистрируют с помощью тетраполярного реографа. Два ленточных токовых электрода, между которыми пропускают электрический ток высокой частоты, располагают на шее и груди, у основания мечевидного отростка. Два измерительных электрода закрепляют несколько кнутри от первых двух.

Величину УО определяют по формуле:

$$\text{УО} = \rho \cdot \frac{L^2}{Z^2} \cdot \Delta Z$$

где ρ — удельное сопротивление крови (150 Ом/с), L — расстояние между измерительными электродами, Z — базовое сопротивление в Ом, ΔZ — изменение сопротивления грудной клетки во время периода изгнания.

Для определения ΔZ тетраполярную реограмму регистрируют синхронно с ее первой производной (кривой скорости) (рис. 24.). Значения ΔZ рассчитывают как произведение максимальной амплитуды первой производной (в Ом/с) на длительность периода изгнания «Т» (в секундах). Максимальную амплитуду дифференцированной реограммы (А) измеряют в Ом/с, сопоставляя ее с величиной калибровочного сигнала (А_к), равного 1,0 Ом/с. Длительность изгнания определяют от начала систолической волны первой производной до нижней точки инцизуры или любым другим способом.

Базовое сопротивление (Z) определяется (автоматически) по показателям специального индикатора. Его измеряют обычно сразу после наложения электродов, т. е. до начала регистрации тетраполярной реограммы.

Величины УО и МО, полученные с помощью тетраполярной реографии, могут быть использованы для расчета других комплексных гемодинамических показателей — СИ, УИ, ОПС и др. (см. ниже). Сопоставление результатов инвазивного и реографического определения основных показателей центральной гемодинамики свидетельствует о хорошем (хотя и не во всех случаях полном) совпадении результатов. Преимущества метода тетраполярной реографии раскрываются при необходимости многократно исследовать больного *в динамике*, в том числе для оценки эффективности терапии, во время функциональных нагрузочных тестов и т. д.

Реовазография (РВГ) — это регистрация кровенаполнения различных сосудистых областей. Наибольшее практическое значение имеет РВГ сосудов нижних конечностей. В этих случаях для записи РВГ используют лентообразные электроды, которые устанавливают в проксимальной и дистальной частях конечности симметрично справа и слева (рис.25).

При анализе РВГ конечностей оценивают форму кривой, некоторые количественные показатели РВГ, а также обращают внимание на симметричность РВГ, зарегистрированных на одних и тех же участках конечности справа и слева. Такой анализ позволяет: 1) выявить локализацию и распространенность нарушения периферического кровообращения по магистральным артериям; 2) оценить тонус сосудов, а также 3) состояние коллатерального кровотока.

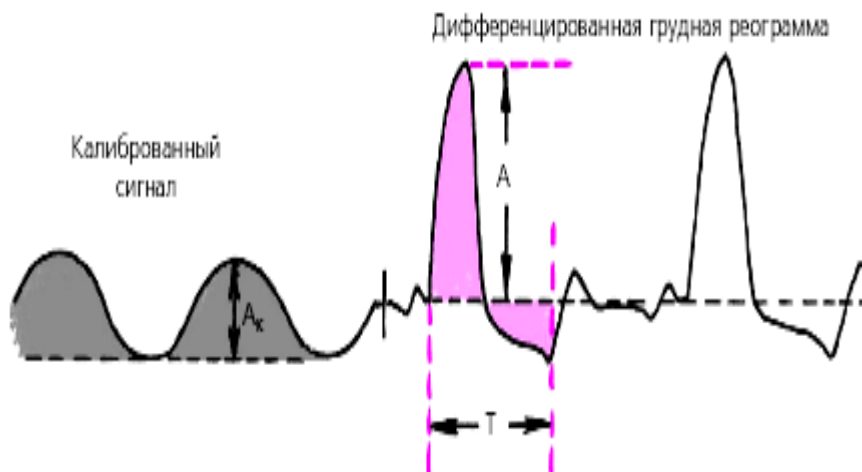


Рис. 25. Дифференцированная грудная реограмма и ее измерение для определения сердечного выброса.

Патологические изменения РВГ различных сосудистых областей характеризуются однотипностью. Так, при уменьшении кровенаполнения какой-либо области (гиповолемии) наблюдается снижение амплитуды и уплощение вершины систолической волны, уменьшение скорости анакrotического подъема РВГ (рис.26).

Для повышения тонуса сосудов характерно уменьшение амплитуды систолической волны, закругленность ее вершины, высокое расположение инцизуры и увеличение амплитуды диастолической волны.

При снижении тонуса сосудов наблюдается увеличение амплитуды систолической волны, заостренная вершина с крутым подъемом (анакротой) и быстрым спадом и низко расположенная инцизура.

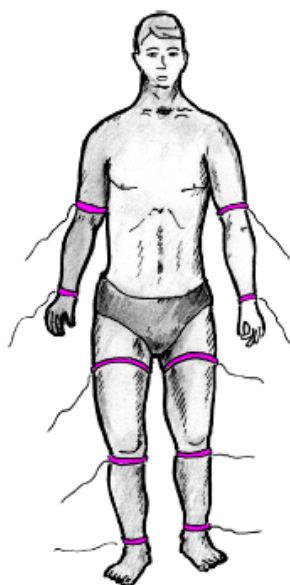


Рис. 26. Схема наложения реографических электродов для регистрации реовазограмм сосудов нижних и верхних конечностей.

Увеличение кровенаполнения какой-либо сосудистой области (гиперволемия) характеризуется увеличением амплитуды и заострением вершины систолической волны РВГ, плохо выраженной инцизурой и низким расположением диастолической волны (рис.26).

Реоэнцефалография (РЭГ) используется для косвенной оценки кровенаполнения сосудов головного мозга.

Для регистрации РЭГ обоих полушарий головного мозга электроды располагают симметрично справа и слева так, чтобы «зондирующий» электрический ток проходил через различные участки головного мозга, кровоснабжаемые внутренней сонной артерией, позвоночной артерией, передней и средней мозговой артерией и т. п. Чаще всего электроды фиксируют справа и слева на лобной кости и в области сосцевидного отростка.

Для дифференцирования органических и функциональных нарушений кровообращения применяют фармакологические пробы (эуфиллин, нитроглицерин и др.).



Качественный и количественный анализ РЭГ позволяет выявить:

1. *Межполушарную асимметрию* кровоснабжения головного мозга и уточнить локализацию этих нарушений.
2. Установить преобладание *функциональных или органических* расстройств кровоснабжения головного мозга (при использовании фармакологических препаратов).
3. Уточнить преобладающие *механизмы* выявляемых нарушений (стеноз артерий, склеротические изменения сосудов головного мозга, повышение или снижение тонуса артериальной стенки, нарушения венозного оттока и др.).

Так, например, при *стенозе* одной из крупных артерий головного мозга РЭГ, зарегистрированная в бассейне ее кровоснабжения, отличается низкой амплитудой, уплощенной вершиной, плохо выраженной инцизурой и диастолической (дикротической) волны. В этих случаях обычно определяется четко выраженная асимметрия РЭГ, зарегистрированная справа и слева.

Выраженные *атеросклеротические* изменения сосудов головного мозга, ведущие к снижению их эластичности, сопровождаются появлением аркообразной формы кривой с плохо выраженной дикротической волной, поздним началом подъема систолической волны (увеличение интервала Qx) и уменьшением индекса эластичности.

При *повышении тонуса артериол и ангиоспазме* уменьшается скорость медленного наполнения РЭГ, которая отражает движение крови преимущественно по мелким артериальным сосудам. Инцизура приближается к вершине реографической кривой, повышается индекс тонуса.

При *застойных явлениях в венозном русле* церебрального кровообращения отмечается увеличение амплитуды диастолической волны и, соответственно, снижение систоло-диастолического показателя.

Нормализация или положительная динамика реографических показателей и формы РЭГ после фармакологических проб свидетельствует о преимущественно функциональном характере найденных изменений (например спазм артерий или снижение венозного тонуса). Сохранение патологических изменений РЭГ после использования фармакологических препаратов говорит в пользу преобладания органических изменений (атеросклероз, стенозирование просвета артерий, тромбоз).

Реография легочной артерии. Для оценки гемодинамики малого круга кровообращения используется методика реографии, разработанная Ю. Т. Пушкарем (1968, 1970). Один из реографических электродов располагают во II межреберье по правой срединно-ключичной линии, другой — справа, на уровне угла лопатки. При таком расположении электродов электрический ток, пропускаемый между ними, как бы зондирует правую ветвь легочной артерии, а полученная таким образом реограмма отражает как процесс наполнения ЛА во время изгнания крови правым желудочком (систо-

лическая волна реограммы), так и отток крови из легочных вен к левому предсердию (диастолическая волна реограммы).

Анализ формы кривой и изменений количественных показателей реограммы легочной артерии позволяет составить представление об изменениях УО и скорости сокращения ПЖ, а также о наличии признаков артериальной (прекапиллярной) и/или венозной (посткапиллярной) легочной гипертензии.

В практическом отношении важно различать два типа изменений легочной реограммы у больных с повышением давления в ЛА (рис.27)

1. Для артериальной (прекапиллярной) легочной гипертензии уменьшение амплитуды систолической волны РГ, закругление и зазубренность ее вершины, высоко расположенная инцизура и почти горизонтальный ход кривой в диастоле (рис.27). Эти изменения обусловлены уменьшением эластичности ЛА и ее ветвей, повышением тонуса артериальных сосудов и легочного периферического сопротивления.

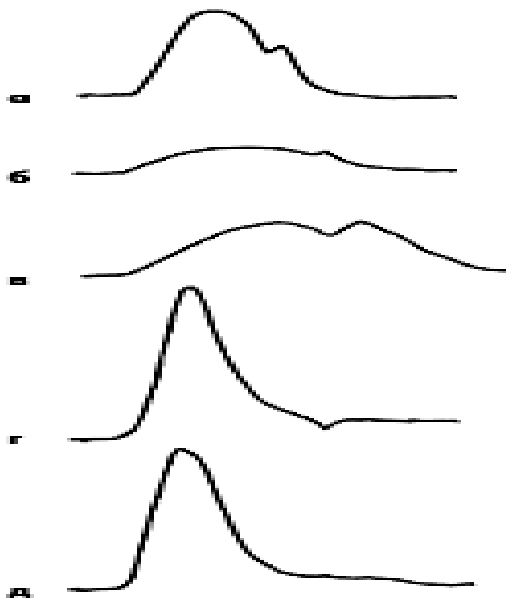


Рис. 27. Схематическое изображение различных типов реографической кривой: а — норма, б — уменьшение кровенаполнения органа (гиповолемический тип кривой), в — повышение тонуса сосудов, г — понижение тонуса сосудов, д — увеличение кровенаполнения органа (гиперволемиа).

2. Для посткапиллярной (венозной) легочной гипертензии с явлениями венозного застоя в легких наряду с изменениями систолической волны характерно увеличение амплитуды диастолической волны РГ и, соответственно, уменьшение систоло-диастолического показателя и РИ (рис. 28). Эти изменения объясняются нарушениями оттока крови по легочным венам в левое предсердие.

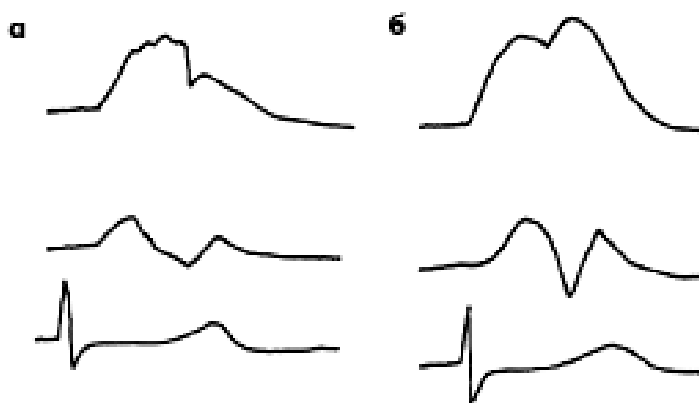


Рис. 28. Изменение реограммы легочной артерии при повышении давления в ЛА: а — преимущественно артериальный (прекапиллярный) тип легочной гипертензии, б — преимущественно венозный (посткапиллярный) тип легочной гипертензии.

7.3. Исследование вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы

Ритм сердца определяется свойством автоматизма, т.е. способностью клеток проводящей системы сердца спонтанно активироваться и вызывать сокращение миокарда. Регуляция сердечного ритма осуществляется вегетативной, центральной нервной системой, рядом гуморальных воздействий, а также за счет импульсов, возникающих в ответ на раздражение различных интеро- и экстерорецепторов.

Автоматизм обеспечивает возникновение электрических импульсов в миокарде без участия нервной стимуляции. В нормальных условиях ритм сердца задает синусовый узел. Обычная частота синусового импульсообразования - 60 - 100 имп/мин, т.е. автоматизм синусового узла не является постоянной величиной, он может изменяться в связи с возможным смещением водителя ритма сердца в пределах синусового узла.

В ритмической деятельности синусового узла выделяют синусовую тахи-, бради-, нормокардию и аритмию. При синусовой тахикардии у взрослых ЧСС превышает 90 в минуту. Аритмия для синусовой тахикардии не характерна. Синусовая брадикардия характеризуется ЧСС менее 60 в минуту.

Синусовая аритмия устанавливается при различии между самым коротким и самым длинным интервалом сердечных сокращений 0,15 - 0,16 с. Выделяют циклическую синусовую аритмию, связанную с актом дыхания, и синусовую недыхательную, нециклическую аритмию, происхождение которой в норме до конца не выяснено.

Сердце иннервируется вегетативной нервной системой, состоящей из симпатических и парасимпатических нервов. Под влиянием симпатического нерва увеличивается ЧСС. Симпатические нервы, стимулируя бета-адренорецепторы синусового узла, смещают водителя ритма к клеткам с самой высокой автоматической активностью. Раздражение блуждающего нерва, в свою очередь, стимулирует М-холинорецепторы синусового узла, вследствие чего развивается брадикардия. Синусовый и атриовентрикулярный узлы находятся в основном под влиянием блуждающего нерва и, в меньшей степени, симпатического, в то время как желудочки контролируются симпатическим нервом.

Деятельность вегетативной нервной системы находится под влиянием центральной нервной системы и ряда гуморальных влияний. В продолговатом мозге расположен сердечно-сосудистый центр, объединяющий парасимпатический, симпатический и сосудодвигательный центры. Регуляция этих центров осуществляется подкорковыми узлами и корой головного мозга.

На ритмическую деятельность сердца влияют также импульсы, исходящие из сердечно-аортального, синокаротидного и других сплетений. Кроме того, среди факторов, влияющих на сердечно-сосудистый центр, можно выделить гуморальные изменения крови (изменение парциального давления углекислого газа и кислорода, изменение кислотно-основного состояния) и геморецепторный рефлекс.

На ЧСС, как уже отмечалось, оказывают влияние фазы дыхания: вдох вызывает угнетение блуждающего нерва и ускорение ритма, выдох - раздражение блуждающего нерва и замедление сердечной деятельности.

Таким образом, ритм сердца является реакцией организма на различные раздражения внешней и внутренней среды. ЧСС является интегрированным показателем взаимодействия 3-х регулирующих сердечный ритм факторов: рефлекторного симпатического, рефлекторного парасимпатического и гуморально-метаболически-медиаторой среды.

Изменение ритма сердца - универсальная оперативная реакция целостного организма в ответ на любое воздействие внешней среды. В определенной степени, оно характеризует баланс между тонусом симпатического и парасимпатического отделов.

Методы исследования ВСР и стандарты на измерения

Определение ВСР может проводиться разными способами. В зависимости от анализируемой физической величины, для изучения ВСР используются методы временного и частотного анализа. Наиболее простым является временной анализ. Для его проведения, в соответствии со Стандартами, вводится параметр NN-интервал (normal-to-normal), который определяется как все интервалы между последовательными комплексами QRS, вызванные деполяризацией синусового узла. Временной анализ проводится статистическими (при изучении ритмокардиограммы) и графическими (для

анализа вариационной пульсограммы (гистограммы) методами. Частотные показатели исследуются методом спектрального анализа.

Ритмокардиограмма (РКГ)

РКГ - вариационный ряд межсистолических интервалов, изображенный в виде отрезков прямой, с общим началом для каждого из них на оси абсцисс. По оси ординат отложены значения продолжительности сердечного цикла, по оси абсцисс - порядковые номера цикла.

Ритмокардиограмма здорового человека. Участок РКГ, содержащий 500 R-R

В зависимости от преобладания волн определенной длины выделяют 6 классов РКГ. Колебания с периодами от 2 до 10 с относят к 1-му и 2-му классам РКГ, от 10 до 30 с - к 3-му и 4-му классам, более 30 с - к 5-му и 6-му классам. Для 1-го и 2-го классов РКГ характерны нерегулярные колебания, для 3-го и 4-го - более упорядоченные. На РКГ 5-го и 6-го классов колебания практически отсутствуют. Все эти классы характеризуют стационарные процессы, к которым относятся постоянные воздействия на сердце центральной и вегетативной нервной системы, насыщение крови кислородом и углекислым газом, рефлексy. РКГ 1-го класса отражают выраженную брадикардию с максимальным воздействием парасимпатической нервной системы, РКГ 6-го класса - выраженную тахикардию с максимальным влиянием симпатической нервной системы. Периодика колебаний 2 - 4 классов отражает влияние на ритм сердца дыхания. Наличие дыхательной аритмии указывает на преобладание парасимпатической регуляции.

Наиболее простым методом является вычисление стандартного отклонения всех NN-интервалов (SDNN), т.е. квадратного корня дисперсии. Так как дисперсия является математическим эквивалентом общей мощности спектра, то SDNN отражает все периодические составляющие вариабельности за время записи. Сокращение продолжительности записи ведет к тому, что SDNN позволяет оценить только коротковолновые колебания ритма. Для того, чтобы избежать искажения результатов, принято анализировать вариабельность по 5-ти минутной (короткие отрезки) или по 24-часовой записи.

Другие показатели вычисляются путем выборки из общей записи коротких участков (обычно 5 мин). К ним относится SDANN - стандартное отклонение средних NN-интервалов за каждые 5 мин непрерывной записи, которое оценивает изменения сердечного ритма с длиной волны более 5 мин и SDNN index - среднее значение всех 5-ти минутных стандартных отклонений NN-интервалов, позволяющее оценить вариабельность с длиной волны менее 5 мин.

Нередко используются показатели, получаемые сравнением NN-интервалов. К ним относятся RMSSD - квадратный корень среднего значения квадратов разностей длительностей последовательных NN-интервалов, NN50 - число NN-интервалов, отличающихся от соседних более чем на 50 мсек, pNN50 - отношение NN50 к общему числу NN-интервалов. Эти пока-

затели применяются для оценки коротковолновых колебаний и коррелируют с мощностью высоких частот.

По РКГ можно построить и вариационные ряды, и спектры. Кроме того, кардиоинтервалограммы позволяют анализировать переходные процессы, их амплитуды и длительности фаз. При кардиоинтервалографии можно "сжать" информацию путем суммирования определенного числа интервалов. Это позволяет, например, анализировать только медленные составляющие сердечного ритма: в этом случае необходимо суммировать 10-15 интервалов, чтобы устранить дыхательную аритмию.

Ряд отечественных исследователей предлагает проводить РКГ в нескольких позициях: лежа, активная ортостатическая проба, клиностаз, восстановительный период после дозированной физической нагрузки.

Гистограмма и вариационная пульсограмма

Под **гистограммой** понимается графическое изображение сгруппированных значений сердечных интервалов, где по оси абсцисс откладываются временные значения, по оси ординат - их количество. Изображение той же функции в виде сплошной линии называется **вариационной пульсограммой** (рис.29).

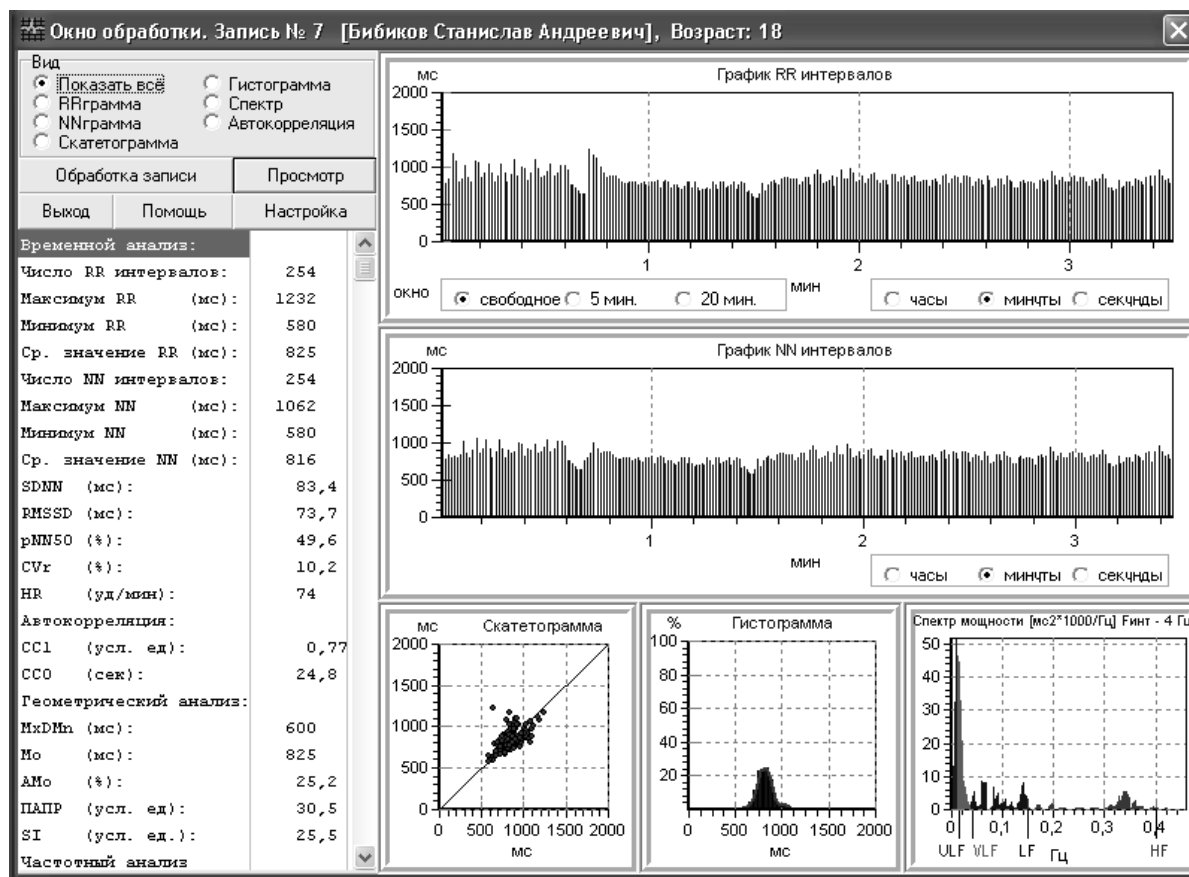


Рис. 29. Пример построения гистограммы и вариационной пульсограммы.

Различают следующие типы гистограмм распределения ритма сердца: 1) нормальная гистограмма, близкая по виду к кривым Гаусса, типична для здоровых людей в состоянии покоя; 2) асимметричная - указывает на нарушение стационарности процесса, наблюдается при переходных состояниях; 3) эксцессивная - характеризуется очень узким основанием и заостренной вершиной, регистрируется при выраженном стрессе, патологических состояниях. Встречается также многовершинная гистограмма, которая обусловлена наличием несинусового ритма (мерцательная аритмия, экстрасистолия), а также множественными артефактами. Различают нормотонические, симпатикотонические и ваготонические типы гистограмм, по которым судят о состоянии вегетативной нервной системы.

Вариационные пульсограммы (гистограммы) отличаются параметрами моды, амплитуды моды, вариационного размаха, а также по форме, симметрии, амплитуде. Достаточно полно вариационная кривая может быть описана параметрами асимметрии (A_s), эксцесса (E_x), моды (M_o) и амплитуды моды ($A M_o$). Последние три параметра можно легко определить путем ручной обработки динамического ряда сердечных циклов.

Мода (M_o) - наиболее часто встречающиеся значения RR-интервала, которые соответствуют наиболее вероятному для данного периода времени уровню функционирования систем регуляции. В стационарном режиме M_o мало отличается от M . Их различие может быть мерой нестационарности и коррелирует с коэффициентом асимметрии.

Амплитуда моды ($A M_o$) - доля кардиоинтервалов, соответствующее значению моды.

Вариационный размах (X) - разность между длительностью наибольшего и наименьшего R-R интервала.

Для определения степени адаптации сердечно-сосудистой системы к случайным или постоянно действующим агрессивным факторам и оценки адекватности процессов регуляции Р.М.Баевским предложены ряд параметров, являющихся производными классических статистических показателей (индексы Баевского):

1. ИВР - индекс вегетативного равновесия ($ИВР = A M_o / X$);
2. ВПР - вегетативный показатель ритма ($ВПР = 1 / M_o \times X$);
3. ПАПР - показатель адекватности процессов регуляции ($ПАПР = A M_o / M_o$);
4. ИН - индекс напряжения регуляторных систем ($ИН = A M_o / 2 X \times M_o$).

ИВР определяет соотношение симпатической и парасимпатической регуляции сердечной деятельности. ПАПР отражает соответствие между уровнем функционирования синусового узла и симпатической активностью. ВПР позволяет судить о вегетативном балансе: чем меньше величина ВПР, тем больше вегетативный баланс смещен в сторону преобладания парасимпатической регуляции. ИН отражает степень централизации управления сердечным ритмом.

Стандарты предусматривают для оценки гистограмм использование графических методов.

Показатель HRV triangular index - отношение совокупности плотности распределения к максимуму плотности распределения, т.е. отношение общего числа NN-интервалов к количеству интервалов с наиболее часто встречающейся длительностью (амплитуда моды).

TINN - (триангулярная интерполяция гистограммы NN-интервалов, "индекс Святого Георга") - ширина основания треугольника, приближенного к гистограмме распределения NN-интервалов. Суть метода такова: гистограмма условно представляется в виде треугольника, величина основания которого (b) вычисляется по формуле: $b=2A/h$, где h - количество интервалов с наиболее часто встречающейся длительностью (амплитуда моды), A - площадь всей гистограммы, т.е. общее количество всех анализируемых интервалов R-R. Этот метод позволяет не учитывать интервалы R-R, связанные с артефактами и экстрасистолами, которые на гистограмме образуют дополнительные пики и купола, в то время как при оценке BCP классическими статистическими показателями и индексами Р.М.Баевского артефакты и экстрасистолы существенно искажают действительную картину. Величина основания гистограммы косвенно отражает вариабельность ритма: чем шире основание, тем больше вариабельность ритма; напротив, чем оно уже, тем регулярнее ритм.

Отечественными авторами предложено вычислять параметры ширины основного купола гистограммы, которые рассчитываются на пересечении уровней 1 и 5 % от общего количества интервалов и 5 и 10 % от амплитуды моды с контуром гистограммы. Такой расчет также позволяет исключить артефактные интервалы R-R.

Для использования графических методов требуется достаточное число NN-интервалов, поэтому они используются для анализа записи продолжительностью не менее 20 мин (предпочтительнее 24 часа).

Поскольку показатели сильно коррелируют между собой, для клинического использования Стандарты предлагают следующие четыре: SDNN, HRV triangular index (отражают суммарную BCP), SDANN (отражает длинноволновые составляющие BCP) и RMSSD (отражает коротковолновые составляющие).

Спектральный анализ сердечного ритма

Для выявления и оценки периодических составляющих сердечного ритма более эффективен спектральный анализ. При изучении РКТ нетрудно убедиться в том, что она имеет вид периодически повторяющейся волны, а точнее, нескольких волн, которые имеют определенную частоту и амплитуду. Вклад каждой из этих частот в структуру ритма оценивается при помощи анализа Фурье, результатом которого является построение графика зависимости мощности колебаний от их частоты.

Таким образом, спектр сердечного ритма представляет собой зависимость мощности колебаний (по оси ординат) от частоты колебаний (по оси

абсцисс). Пики на спектрограмме соответствуют дыхательным волнам, медленным волнам I порядка, медленным волнам II порядка. В зависимости от выраженности дыхательных и недыхательных периодических составляющих соответственно изменяется и характер спектра.

Спектральный анализ позволяет вычлнить колебания ритма сердца различной периодичности. При анализе короткой записи (как правило, пятиминутной) в спектре выделяют три компонента: HF - высокочастотный (0,15 - 0,4 Гц) - связан с дыхательными движениями и отражает вагусный контроль сердечного ритма; LF - низкочастотный (0,04 - 0,15 Гц) - имеет смешанное происхождение и связан как с вагусным, так и с симпатическим контролем ритма сердца; VLF - очень низкочастотный (< 0,04 Гц), который не учитывается. Помимо амплитуды компонентов, определяют также TF - общую мощность спектра, отражающую суммарную активность вегетативных воздействий на сердечный ритм и LF/HF - отношение мощностей низких частот к мощности высоких, значение которого свидетельствует о балансе симпатических и парасимпатических влияний. Показатели измеряются в мсек², но могут также измеряться в нормализованных единицах (п.у.) (рис.30).



Рис. 30. Спектральный анализ сердечного ритма.

При анализе 24-часовой записи ЭКГ выделяют 4 составляющих спектра: высокочастотные волны - HF - (0,15 - 0,4 Гц) - определяющиеся парасимпатическим влиянием на сердце; низкочастотные волны - LF - (0,04 -

0,15 Гц) - определяющиеся симпатическими и парасимпатическими влияниями, а также барорецепторным рефлексом; волны очень низкой частоты - VLF - (0,0033 - 0,04 Гц) и волны ультранизкой частоты - ULF - (10^{-5} - 0,0033 Гц) - отражающие действие многих факторов, в том числе сосудистого тонуса, системы терморегуляции и ренин-ангиотензиновой системы.

Характеристика ВСР у здоровых людей

Спектральный анализ 24-часовой записи показывает, что периоды дневной активности и ночного отдыха являются выражением двух различных состояний вегетативной нервной системы. У здоровых людей фракции LF и HF представляет собой циклические и взаимосвязанные колебания с преобладанием значений LF в течение дня и HF ночью. При продолжительной записи фракции HF и LF составляют примерно 5% от общей мощности, в то время как фракции ULF и VLF составляют 95%. Под влиянием различных факторов HF и LF могут увеличиваться. Возрастание LF наблюдается при пробе с наклонами, ортостатической пробе, эмоциональном стрессе и умеренной физической нагрузке у здоровых людей. Увеличение HF наблюдается при пробах с гипервентиляцией, охлаждением лица, вращением.



Глава 8.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Роль дыхательной системы, являющейся первым звеном в системе кислородного обеспечения организма при двигательной деятельности, чрезвычайно велика в спорте, а поэтому знание методов ее исследования представляется весьма актуальным.

Документальным методом исследования дыхательных движений грудной клетки является **спирография** – графическая регистрация дыхательных объемов при различных произвольных и естественных дыхательных маневрах.

8.1. Понятие о паттерне дыхания

Под паттерном дыхания понимают характер, рисунок или «почерк» дыхания. Паттерн дыхания – это совокупность объемных и временных параметров, характеризующих структуру дыхательного цикла и легочную вентиляцию в целом (Бреслав, 1984). Его параметрами являются:

- количество дыхательных циклов в 1 минуту (частота дыхания – ИД или t циклов в 1 минуту).
- длительность отдельного дыхательного цикла (T_T) – величина, обратная частоте дыхания $T_T = 60 / f$.
- длительность вдоха и выдоха – инспираторной и экспираторной фаз (T_i и T_e);
- дыхательный объем (ДО) или глубина дыхания (t_D): $ДО = T_D$ или V_T ;
- легочная вентиляция (ЛВ) обычно обозначаемая как минутный объем дыхания (МОД) или V . Он может быть рассчитан как произведение частоты дыхания (ЧД) на величину дыхательного объема:

$$МОД = ДО \cdot ЧД \text{ или } V = V_T \cdot f$$

Индивидуально паттерны дыхания различаются весьма существенно. Так, по количеству дыхательных циклов в одну минуту, которое считается нормальным в диапазоне от 12 до 16 дыхательных циклов, выделяют (Бреслав и др., 1981):

- тахипноический тип дыхания – тип с относительно частым и неглубоким дыханием, когда частота дыхания выше 20 циклов в минуту;
- брадипноический тип дыхания – тип с медленным и глубоким дыханием, когда частота дыхания ниже 8-ми циклов в минуту; такой тип наблюдается у спортсменов, тренирующихся на выносливость;
- нормопноический тип паттерна дыхания – промежуточный тип.

При нагрузках высокой мощности значительно изменяются все параметры паттерна дыхания.

В ряде видов спорта, в особенности в циклических, имеет смысл для объективной оценки степени утомления и изучения последствия трениро-

вочных нагрузок на организм применять довольно простые методы исследования внешнего дыхания – измерение ЖЕЛ, МВЛ, пневмотахометрия на вдохе и выдохе. В результате применения больших по объему и интенсивности тренировочных нагрузок эти показатели могут снижаться на 10 – 15 % от исходного уровня. При оптимальных нагрузках величины ЖЕЛ и МВЛ не изменяются или даже несколько повышаются. В дни отдыха происходит восстановление и сверхвосстановление показателей ЖЕЛ, МВЛ и пневмотахометрии.

Так как все показатели внешнего дыхания при измерении требуют определенной волевой мобилизации со стороны спортсмена, необходимо обращать серьезное внимание на поддержание должного уровня мотивации. Например, при измерении ЖЕЛ следует рекомендовать делать еще два-три дополнительных вдоха, забирая максимальное количество воздуха в легкие, а выдыхая в спирометр, сделать дополнительные два-три выдоха. Измерение МВЛ следует производить, создавая соревновательную обстановку, обязательно корректируя действия испытуемого по ходу исследования. Измеряя показатели пневмотахометрии на вдохе следует инструктировать испытуемого о том, чтобы он сделал достаточно полный выдох, а затем выдержал паузы 5-6 сек. При определении показателя пневмотахометрии на вдохе следует акцентировать внимание испытуемого на том, чтобы вдох был достаточно полный, но не максимальный, после чего также следует сделать паузу 2-3 сек.

8.2. Методы исследований функции внешнего дыхания

Одним из наиболее популярных и информативных методов оценки функционального состояния ребенка и подростка являются измерения статических и динамических легочных объемов. Наиболее часто измеряется ЖЕЛ и легочные объемы.

Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) - это наибольший объем воздуха, который может быть выдохнут после максимального вдоха. ЖЕЛ измеряется водяными и сухими спирометрами различных типов.

Для массовых исследований чаще используются сухие спирометры (тип ССП - сухой спирометр портативный), которые портативны, удобны в работе и достаточно точны, хотя требуют регулярной тарировки по водяным спирометрам. Сухие спирометры представляют собой турбину, вращаемую струей выдыхаемого воздуха. У прибора подвижная шкала, которая вращением устанавливается на нуль перед каждым измерением. С помощью спирометра можно определить ЖЕЛ и составляющие его объемы - дыхательный объем (ДО), резервный объем вдоха (РО вд) и выдоха (РО выд).

Определение ЖЕЛ: закрыв нос зажимом или пальцами испытуемый делает максимальный вдох из атмосферы, а затем постепенно (за 5-7 секунд) выдыхает в спирометр. Обязательно 2^х - 3^х кратное повторение процедуры измерения. Из полученных результатов выбирается максимальный. Следует рекомендовать при вдохе сделать небольшую паузу, а затем, не выдыхая, произвести 2-3 дополнительных вдоха. После выдоха в спирометр следует также максимально освободить легкие от воздуха дополнительными выдохами. Полученная величина ЖЕЛ называется фактической (ФЖЕЛ). Ее величина измеряется в литрах или миллилитрах и сравнивается с величиной должной ЖЕЛ (ДЖЕЛ).

В таблице 6 приведены формулы для расчета должных величин ЖЕЛ по эмпирически выведенным формулам исходя из данных роста, веса, основного обмена с учетом пола.

Таблица 6

Формулы расчета должных величин ЖЕЛ (ДЖЕЛ)

Контингент, единицы измерения ДЖЕЛ	Формула (ДЖЕЛ равна =)	Автор, год
Для всех, л.	Рост (м) в кубе	А.Д. Раше (1961)
Дети, мл.	Возраст (в годах) × 200 (приблизительно)	По Людвигу (цит. по П.Росье и др. 1958).
Мальчики, мл.	$40 \times \text{рост (см)} + 30 \times \text{вес (кг)} - 4400$	- " - " - "
Девочки, мл.	$40 \times \text{рост (см)} + 10 \times \text{вес (кг)} - 3800$	- " - " - "
Мальчики, л.	$4,53 \times \text{рост (м)} - 3,9$ (при росте от 1,0 до 1,65 м)	И.С. Ширяева, Б.А. Марков (1973)
Мальчики, л.	$10,0 \times \text{рост (м)} - 12,85$ (при росте 1,65 м и выше)	- " - " - "
Девочки, л.	$3,75 \times \text{рост (м)} - 3,15$	- " - " - "
Мальчики, л.	$3,90 \times \text{ДОО (ккал)} / 1000 - 2,3$	- " - " - "
Девочки, л.	$4,59 \times \text{ДОО (ккал)} / 1000 - 3,2$	- " - " - "
Мужчины, мл.	Должный основной обмен (ДОО) (ккал) × 2,6	А. Антони, Н. Вернат, (1962)
Женщины, мл.	Должный основной обмен (ДОО) (ккал) × 2,2	- " - " - "

По данным Л.Г. Охнянской и др. (1977) для практически здоровых людей средняя величина соотношения ФЖЕЛ/ДЖЕЛ (%) составляет 102% с диапазоном колебаний от 81 до 123%, охватывая 93% всей выборки.

На практике удобно пользоваться нормированным показателем ФЖЕЛ, отнесенной к весу, который называют еще жизненным показателем (или относительная ЖЕЛ). Средняя величина его для женщин составляет

40-45 мл/кг. У спортсменов он может достигать 90-100 мл/кг веса тела. Снижение ЖЕЛ может иметь место у ослабленных, истощенных детей при процессах, ограничивающих расправление грудной клетки. Причиной их могут быть различные хронические заболевания.

Определение дыхательного объема (ДО)

Наилучшим способом определения ДО является спокойное дыхание с подсчетом числа дыханий в мешок Дугласа в течение 3^x минут, а затем, пропустив воздух через газовый счетчик (или вентилометр), разделить величину легочной вентиляции (ЛВ) на частоту дыхания (ЧД):

$$ДО = ЛВ / ЧД$$

Можно определить величину ДО сухим спирометром, делая спокойные выдохи в спирометр, а вдохи - из атмосферы через нос. Важно следить, чтобы испытуемые делали нормальные, а не глубокие вдохи. Нормальная величина ДО составляет около 15-18% от величины ЖЕЛ, хотя возможны колебания в довольно широких пределах от 300 до 900 мл (Дембо, 1973). Должную величину ДО определяют из должного минутного объема дыхания (МОД) путем деления МОД на средневозрастную норму частоты дыхания (по данным В.А.Рязанова и Т.А. Долженко в возрасте от 6 до 15 лет - в среднем $15-17 \pm 3,0$, 1967). Должная величина МОД определяется по формуле:

$$ОО / 707 \times КИО_2, \text{ где}$$

ОО - основной обмен определяется по таблицам Гарриса-Бенедикта, а величина коэффициента использования кислорода ($КИО_2$) составляет до 5 лет - 31-33 мл/л, а для 6-16 лет, как и для взрослых, 35-40 мл/л.

Определение резервного объема выдоха (РО выд). После спокойного выдоха через нос в атмосферу испытуемый производит максимальный выдох через рот в спирометр. Полученный результат и будет РО выд, который составляет 25-30% ЖЕЛ. С возрастом РО выд увеличивается.

Определение резервного объема вдоха (РО вд) осуществляется расчетным путем. Из величины ЖЕЛ вычитается величина РО выд и ДО:

$$РО \text{ вд} = ЖЕЛ - РО \text{ выд} - ДО$$

В покое величина РО вд составляет около 53% ЖЕЛ (Навратил и др. 1967), а у детей 6-15 лет от $54,6$ до $59,4 \pm 6$ (Рязанов, Долженко, 1967).

Максимальная вентиляция легких (МВЛ) - это наибольший объем воздуха, вентилируемый легкими за 1 минуту при максимально частом и глубоком произвольном дыхании в течение 12-15 или 20 с. МВЛ определяют с помощью мешков Дугласа (для сбора воздуха) или специальных газовых часов (счетчиков).

МВЛ является показателем потенциальных (резервных) возможностей дыхательной системы. Встречается еще и другое название этого показателя - "предел дыхания". Величина МВЛ характеризует механику дыхания и отражает как силу дыхательных мышц, так и легочные факторы: растяжимость легких, сопротивление дыхательному потоку и зависит от величины сопротивления грудной клетки. Обычно человек может использовать при

предельной работе около 50-60% от величины МВЛ в виде показателя МОД. Тренированные люди могут использовать при работе до 90% от величины МВЛ (резервы мобилизационной способности (Кучкин, 1983, 1986).

Наибольшая величина МВЛ у нетренированных получается при частоте дыхания 40-50 циклов за 1 минуту (Навротил и соавт., 1967). Спортсмены при этой пробе достигают 80-100 дыхательных циклов в минуту. Величина МВЛ, получаемая при исследовании, называется фактической МВЛ (ФМВЛ).

У здоровых людей МВЛ колеблется от 70 до 150 л/мин; у спортсменов, особенно тренирующихся на выносливость, она может достигать 200-250 и даже 300 л/мин (Навротил и соавт., 1967; Михайлов, 1983). Обычное соотношение МВЛ/ЖЕЛ составляет 24,8 у мужчин и 26,2 у женщин (Соринсон, 1958). Также, как и ЖЕЛ, величину МВЛ необходимо сравнивать с должной МВЛ (ДМВЛ). Для этих целей используются различные формулы (см. табл. 7).

Таблица 7

Формулы для расчета должных величин МВЛ (ДМВЛ), л/мин

Контингент	Формула (ДМВЛ равна =)	Автор, год
Взрослые (нетрениров.)	$1/2 \text{ ДЖЕЛ} \times 35$	А.Г. Дембо, (1971)
Взрослые, мужчины	$\text{ДЖЕЛ} \times 25$	С.Н. Соринсон, (1958)
Взрослые, женщины	$\text{ДЖЕЛ} \times 26$	С.Н. Соринсон, (1958)
Взрослые (тренирован)	$1/3 \text{ ФЖЕЛ} \times 70$	В.Е. Рыжкова, (1951)
Мальчики	$99,1 \times \text{рост(м)} - 74,3$	И.С.Ширяева, Б.А. Марков, 1973
Мальчики	$0,068 \times \text{ДОО (ккал)} - 26,0$	- " - " - " -
Девочки	$92,4 \times \text{рост(м)} - 68,0$	- " - " - " -
Девочки	$0,098 \times \text{рост (м)} - 57,3$	- " - " - " -

Отношение фактической МВЛ к должной (ФМВЛ/ДМВЛ) для практически здоровых людей, по данным Л.Г. Охнянской с соавт. (1977) составляет в среднем 87% с диапазоном колебаний 61-119%, что охватывает 86% всей выборки. У спортсменов это соотношение намного выше - до 150-190%.

Объем фиксированного выдоха за 1 сек (ОФВ₁)

ОФВ₁ определяется выдыханием в спирограф форсированно после предварительного максимально глубокого вдоха. В норме здоровый человек выдыхает за 1^ю секунду 83% ЖЕЛ, за две секунды - 94%, за три - 97% и за четыре - 100% (Бриско, 1968). Проба проста, легко выполняема, но достаточно информативна (старое название пробы - форсированная ЖЕЛ). Проба выполняется на спирографах при большой скорости записи (30-60 мм/с) или

на современных спирографах с автоматическим анализом всего спектра показателей форсированного выдоха (Spiroshift - 3000 или др.).

Методика. После нескольких спокойных вдохов испытуемый делает максимальный вдох, на короткое время задерживает дыхание и делает максимально быстрый и полный вдох. Для характеристики механики представляет интерес как абсолютная величина $ОФВ_1$, так и индекс Тиффно, то есть соотношение $ОФВ_1$ к объему ЖЕЛ, выраженное в процентах.

Снижение $ОФВ_1$ характерно для заболеваний, сопровождающихся нарушением бронхиальной проходимости (бронхиальная астма, хроническая пневмония и др.). Также, как и для других показателей, для $ОФВ_1$ вычисляют должные величины. По Б. Эндрю (1974) формула для расчета должной $ОФВ_1$ ($ДОФВ_1$) для мужчин: $\text{рост (см)} \times 0,037 - \text{возраст (годы)} \times 0,028 - 1,59$ (л); для женщин: $\text{рост (см)} \times 0,028 - \text{возраст (годы)} \times 0,021 - 0,86$. Для детей пользуются формулами И.С. Ширяевой и Б.А. Маркова (1973):

для мальчиков $ДОФВ_1$ (л) = $3,78 \times \text{рост (м)} - 3,18$;

для девочек $ДОФВ_1$ (л) = $3,30 \times \text{рост (м)} - 3,79$

Среднее отношение $ОФВ_1$ к ЖЕЛ (индекс Тиффно) составляет 81%, а диапазон колебаний от 63 до 99% и включает 98% выборки (Охнянская и др., 1977).

Приведение показателей внешнего дыхания к условиям BTPS

Все объемные показатели внешнего дыхания (ЖЕЛ, МОД, МВЛ, $ОФВ_1$) приводят к условиям альвеолярного газа - в систему BTPS (ВТ - к температуре тела, Р - окружающее атмосферное давление, S - полное насыщение водяными парами). Поэтому все показатели, полученные при температуре данного помещения, умножают на соответствующий коэффициент (см. табл. 8).

Таблица 8

Коэффициент для приведения легочных объемов к условиям BTPS

Т° помеще- ния	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Коэф. для прив. к BTPS	1,123	1,117	1,113	1,108	1,102	1,096	1,091	1,085	1,080	1,075

Например, измеренная ЖЕЛ составляет 5,0 литров при температуре в помещении 20°C. Следовательно, в условиях BTPS величина ЖЕЛ составит: $5,0 \times 1,102 = 5,5$ (л)

Измерение силы дыхательных мышц

Дыхание осуществляется дыхательными мышцами, которые при этом выполняют определенную работу. Чем напряженной мышечная нагрузка, тем больше требования к силе и выносливости дыхательных мышц, которые составляют резервы мощности дыхательной системы (Кучкин, 1983).

Оценку мощности дыхательной мускулатуры впервые предложил Х.А. Изаксон (1968). Для этого он использовал обычный тонометр для измерения артериального давления. Таким способом можно измерять только мощность выдоха.

Для измерения силы дыхательных мышц на вдохе нами (Кучкин, 1984) предложен новый прибор - пневмоманометр. Он изготавливается на базе обычного манометра (например, типа ОБВ), но его стрелка ставится в центральное положение, а затем производится тарировка с помощью любого типа стандартного прибора для измерения давления в диапазоне ± 250 -300 мм рт.ст. Снимаются показатели мощности вдоха (пневмоманометрия вдоха, ПМ вд) и выдоха (пневмоманометрия выдоха, ПМ выд) в мм рт. ст.

Измерение ПМ вд и ПМ выд

Измерение осуществляется в положении сидя. Для измерения ПМ выд испытуемый после глубокого вдоха с максимальной силой старается выдохнуть через мундштук прибора. Так как выдоха практически нет, то дается инструкция создать максимальное напряжение на выдохе. На шкале прибора фиксируется результат в мм рт. ст. Проба повторяется несколько раз и учитывается лучший показатель. При определении мощности вдоха испытуемый делает предварительный выдох и после небольшой паузы, приложив мундштук к губам, создает в приборе максимальное разрежение, стараясь сделать вдох (не подсасывая ртом).

У мальчиков в возрасте 14 лет величина показателя на выдохе составляет около 160 мм рт. ст. (Кузнецова, Назарова, 1979), у взрослых - 170 мм рт. ст., у спортсменов этот показатель может достигать 200 мм рт. ст. и выше. У студентов ИФК 18-20 лет этот показатель составляет в среднем 175 мм рт. ст. с диапазоном колебаний от 110 до 240 мм рт.ст. (Кучкин, 1980).

Показатели пневмоманометрии на вдохе составляют 60-70% от показателей на выдохе (от 100 до 140 мм рт. ст.).

Снижение показателей ПМ вд и ПМ выд свидетельствует о слабости дыхательных мышц, невозможности достичь высокой вентиляции. Это положение можно исправить специальными дыхательными упражнениями, способствующими тренировке дыхательных мышц (Кучкин, 1991). Динамические наблюдения позволяют судить о развитии дыхательной мускулатуры и оценивать с определенной степенью вероятности эффективность тренировочного процесса.

Пневмотахометрия. С помощью пневмотахометрии определяется максимальная объемная скорость воздушного потока (в л/с) при вдохе: МОС вд и МОС выд при форсированном, "рывком" дыхании, что косвенно характеризует мощность вдоха и выдоха и бронхиальную проходимость.

Измерения производятся на пневмотахометрах ПТ-1 или ПТ-2 конструкции Б.Е. Вотчала. Испытуемый совершает несколько форсированных вдохов и выдохов через трубку прибора. При определении МОС необходимо проинструктировать испытуемого сделать глубокий выдох и через небольшую паузу максимально быстро вдохнуть. Фиксируется самый боль-

шой показатель в л/с. При исследовании детей берется трубка с диаметром датчика не 20, а 10 мм, и показания снимаются с внешней шкалы. Средние показатели МОС на вдохе у мужчин находятся в пределах 4,7-7,0, у женщин - 3,5-5 л/с; средние величины МОС выд для мужчин составляют 4,3-6,4 и 3,3-4,2 л/с - для женщин.

У спортсменов, особенно тренирующихся на выносливость, эти показатели выше. Так, у пловцов показатель МОС вд до 10 л/с и более (Грищенко, 1980). Фактические величины МОС следует сравнивать с должными (см. табл. 9).

Таблица 9

Формулы для расчета должных величин пневмотахометрических показателей на вдохе и выдохе (МОС вд. и МОС выд.)

Контингент	Показатель	Формула	Автор
Мальчики - " -	МОС выд. МОС вд.	$4,72 \times \text{рост(м)} - 3,80$ $5,14 \times \text{рост(м)} - 4,29$	И.С.Ширяева, Б.А. Марков (1973)
Девочки - " -	МОС выд. МОС вд.	$4,73 \text{ рост(м)} - 3,86$ $5,27 \text{ рост(м)} - 4,66$	- " - " -
Мужчины	МОС выд.	$(3,95 - \text{возраст} \times 0,015) \times \text{рост(см)} : 60$	Б. Эндрю (1974)
Женщины	МОС выд	$(2,93 - \text{возраст} \times 0,007) \times \text{рост (см)} : 60$	- " - " -

Низкие показатели объемной скорости форсированного выдоха и вдоха могут быть следствием нарушений проходимости дыхательных путей, снижения мышечного аппарата. Методика рекомендуется для массовых исследований.

Проба Розенталя заключается в пятикратном измерении ЖЕЛ с интервалом отдыха 15 с. У тренированных спортсменов отмечаются одинаковые данные или их увеличение. Уменьшение же показателя говорит об изменении в состоянии дыхательного аппарата или утомлении.

Проба Шафрановского – определение ЖЕЛ в покое и после 3- минутного бега на месте в темпе 180 шагов в минуту. ЖЕЛ измеряется до и сразу после бега, а затем через одну, две и три минуты в восстановительном периоде. У здоровых тренированных спортсменов она мало (чаще незначительно) увеличивается. При состояниях утомления после нагрузки функциональная проба ЖЕЛ уменьшается, причем чем глубже утомление, тем больше.

Проба Лебедева - четырехкратное определение ЖЕЛ в покое и после тренировочной или соревновательной нагрузки с интервалами между измерениями 15 секунд. ЖЕЛ у хорошо тренированных спортсменов обычно снижается мало, но после больших физических напряжений – значительно.

Проба Штанге - задержка дыхания на вдохе. обследуемый в положении стоя делает вдох, затем глубокий выдох и снова вдох (80—90 % от мак-

симального) и закрывает рот. На нос накладывают резиновый зажим. Отмечается время задержки дыхания. Тренированные спортсмены способны задержать дыхание на 60—120 с. При утомлении время задержки резко снижается. Пробу можно записать на ленте кимографа от манжетки, наложенной на живот.

Проба Генчи — задержка дыхания на выдохе. При хорошем функциональном состоянии спортсмены способны задержать дыхание на выдохе на 60—90 с. При утомлении время задержки дыхания резко уменьшается. Пробу также можно записать на кимографе через капсулу Маррея. Значимость этих проб увеличивается, если вести наблюдения постоянно, в динамике.

Рентгенокимография грудной клетки — это регистрация на рентгеновской пленке движений грудной клетки и диафрагмы при дыхании. Данные рентгенокимографии грудной клетки позволяют объективно изучить механизм и типы дыхания спортсменов. Для тренированных спортсменов характерен удлиненный выдох. После физической нагрузки (4-минутный бег на месте в темпе 180 шагов в минуту и ещё одну минуту с максимальной скоростью) у хорошо тренированных спортсменов преобладают реберный (48%) и смешанный (43,5%) типы дыхания; при этом значительно повышается амплитуда дыхательных колебаний диафрагмы; сила дыхательной мускулатуры также увеличивается; чаще наблюдается одноименный тип дыхания на обеих сторонах грудной клетки. У спортсменов с явлениями перетренированности, отмечавших боли в правом боку тренировки и соревнований, после нагрузки бывает уменьшена подвижность купола и подвижен тонус диафрагмы.

Спирографические — исследования позволяют определить основные показатели дыхания: ЖЕЛ, дыхательные объёмы, МВЛ, МОД, поглощение кислорода. Частота дыхания при состоянии перетренированности может несколько учащаться, глубина дыхания уменьшается, МОД умеренно повышается. Однако МВЛ, потребление кислорода и коэффициент использования его при состоянии утомления снижаются. Также может быть ниже коэффициент пульс/дыхание. При этом восстановление идёт более медленно и нередко в данном периоде МВЛ продолжается уменьшаться. Всё зависит от степени утомления — чем оно глубже, тем меньше МВЛ.

Форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ), или объем форсированного выдоха (ОФВ), — количество воздуха, которое может быть выдохнуто при форсированном выдохе после глубокого вдоха. После максимального вдоха спортсмен на несколько секунд задерживает дыхание, а потом быстро выдыхает. Исследование проводится 2—3 раза. Учитывают максимальное значение. При утомлении показатель снижается.

Пневмотонометрический показатель (ПТП) характеризует состояние дыхательной мускулатуры. В последнее время установлена зависимость величины мышечных усилий от степени напряжения дыхательной мускула-

туры. Известно, что функция внешнего дыхания 11 определенной мере зависит и от функции дыхательных мышц.

У здоровых мужчин ПТП на выдохе составляет $(28 \pm 17,4 \text{ мм рт. ст.})$, на вдохе — $227 \pm 4,1 \text{ мм рт. ст.}$, у женщин (соответственно) $246 \pm 1,6$ и $200 \pm 7,0 \text{ мм рт. ст.}$ При гиподинамии, а также после интенсивных физических нагрузок ПТП снижается (Дубровский, 1973).

ПТП определяли у спортсменов после физических нагрузок и в посттравматическом периоде пневмотонометром В.И.Дубровского и И.И.Дерябина (1973). ПТП на вдохе у пловцов выше, чем у представителей других видов спорта. Это связано с тем, что во время плавания спортсмен делает выдох в воду, при этом грудной клетке приходится постоянно преодолевать сопротивление воды.

Пневмотахометрия— метод определения скорости воздушной струи при максимально быстром вдохе и выдохе, а следовательно (согласно закону Пуазейля), и пропускной способности бронхиального дерева.

В исследовании, которое проводилось при помощи пневмотахометра Вотчала, определялась степень снижения мощности выдоха после интенсивных физических нагрузках, а также в посттравматическом периоде у спортсменов. Было установлено, что в норме мощность выдоха и вдоха больше или равна мощности вдоха. У здоровых мужчин нормальной проходимость бронхов мощность выдоха и вдоха составляет 3,5–5,5 л/с, у женщин — 3–3,8 л/с (Вотчал, 1958; Рихсиева, 1959; Бадалян, 1962, и др.).

Фактический пневмотахометрический показатель сам по себе не характеризует состояния бронхиальной проходимости. Его необходимо сопоставлять с должными величинами. Должная мощность выдоха (определялась по Бадалян, 1962) равна фактической ЖЕЛ $\times 1,2$. Чем больше ЖЕЛ, тем выше максимальная объемная скорость выдоха.

Измерение максимальной вентиляции легких (МВЛ)

МВЛ является показателем потенциальных возможностей дыхательной системы и характеризующей максимальное количество воздуха, которое могут пропустить легкие при максимально частом и глубоком дыхании.

Существуют различные приемы измерения МВЛ. Можно использовать так называемые открытые спирометрические системы, при которых испытуемые через клапанную коробку делают выдохи в мешок Дугласа или газовый счетчик. В закрытой системе дышат в спирограф и делают запись при большой скорости движения ленты. Обычно проба МВЛ длится от 10 до 20 сек. при максимальной гипервентиляции и расчет переводится на 1 мин.

У здоровых людей МВЛ колеблется от 70 до 150 л/мин., у спортсменов, особенно в видах спорта на выносливость, превышает 200-250 л/мин., есть упоминания о величинах до 300 л/мин. Фактически полученная величина (ФМВЛ) сравнивается с должной (ДМВЛ). Обычное соотношение МВЛ/ЖЕЛ составляет 24,8 у мужчин и 26,2 – у женщин.



Для определения ДМВЛ получаются различными формулами. Так, по А.Г. Дембо (1971), $ДМВЛ = \frac{1}{2} ДЖЕЛ \cdot 35$; по С.И. Соринсону (1958) – $ДМВЛ = ДЖЕЛ \cdot 26$ у мужчин и 25 – у женщин; по В.Е. Рыжковой (1951) $ДМВЛ = \frac{1}{3} ЖЕЛ \cdot 70$. Более сложны, но точнее формула Е. Болдуина с соавт. (1948) для женщин $ДМВЛ = (71,3 - 0,474 \cdot R) \cdot P$; для мужчин $ДМВЛ = (86,5 - 0,552) \cdot P$; где R – возраст в годах; P – поверхность тела в м².

Пневмоманометрия – это метод для измерения мощности дыхательной мускулатуры. Он был предложен вначале для измерения мощности мускулатуры, осуществляющей выдох и изготовлялся на базе обычного тонометра (Цаксон, 1968), а позднее – для одновременного измерения силы, развиваемой дыхательными мышцами на вдохе и выдохе (Кучкин, 1984), который может быть изготовлен на базе манометра типа ОБВ или высометра.

Средние величины показателей пневмоманометрии (ПМ_{ВД} и ПМ_{ВЫД}) составляют у здоровых людей 120–180 мм. рт. ст., а у спортсменов до 200–250 мм. рт. ст. и больше. Показатели ПМ_{ВД} составляет 60 – 70 % от показателей на выдохе (от 100–140 мм. рт. ст.)

С помощью пневмоманометра можно определять **статическую выносливость** дыхательных мышц. В этом случае испытуемый по секундомеру «держит» 50 % от максимальной силы на вдохе и выдохе, непосредственно контролируя пробу по шкале манометра.

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

Пневмотахометрия. С помощью пневмотахометрии определяется максимальная объемная скорость воздушного потока (в л/с) при вдохе: МОС_{ВД} и МОС_{ВЫД} при форсированном, «рывком» дыхании, что косвенно характеризует мощность вдоха и выдоха и бронхиальную проходимость. Измерения производятся на пневмотахометрах ПТ – 1 или ПТ – 2 конструкции Б.Е. Востала.

Испытуемый совершает несколько форсированных вдохов и выдохов через трубку прибора. При определении МОС необходимо проинструктировать испытуемого сделать глубокий выдох и через небольшую паузу максимально быстро вдохнуть. Фиксируется самый большой показатель в л/с.

При исследовании детей берется трубка с диаметром датчика не 20, а 10 мм. и показания снимаются с внешней шкалы. Средние показатели МОС на вдохе у мужчин находятся в пределах 4,7–7,0; у женщин – 3,5–5 л/с; сред-

ние величины $\text{МОС}_{\text{выд}}$ для мужчин составляют 4,3-6,4 и 3,3-4,2 л/с – для женщин.

У спортсменов, особенно тренирующихся на выносливость, эти показатели выше. Так, у пловцов показатель $\text{МОС}_{\text{вд}}$ на 10 л/с и более (Грищенко, 1980). Фактические величины МОС следует сравнивать с должными.

Таблица 10

Формулы для расчета должных величин пневматометрических показателей на вдохе и выдохе ($\text{МОС}_{\text{вд}}$ и $\text{МОС}_{\text{выд}}$)

Контингент	Показатель	Формула	Автор
Мальчики	$\text{МОС}_{\text{выд}}$	$4,72 \cdot \text{рост (м)} - 3,80$	И.С. Ширяева, 5А Марков (1973)
	$\text{МОС}_{\text{вд}}$	$5,14 \cdot \text{рост (м)} - 4,29$	
Девочки	$\text{МОС}_{\text{выд}}$	$4,73 \cdot \text{рост (м)} - 3,86$	-
	$\text{МОС}_{\text{вд}}$	$5,27 \cdot \text{рост (м)} - 4,66$	
Мужчины	$\text{МОС}_{\text{выд}}$	$(3,95 - \text{возраст} \cdot 0,015) \cdot \text{рост (см)} : 60$	Б. Эндрю (1974)
Женщины	$\text{МОС}_{\text{выд}}$	$(2,93 - \text{возраст} \cdot 0,007) \cdot \text{рост (см)} : 60$	-

Низкие показатели объемной скорости форсированного выдоха и вдоха могут быть следствием нарушений проходимости дыхательных путей, снижения мышечного аппарата. Методика рекомендуется для массовых исследований.

Исследование газообмена. Газовый анализ состава выдыхаемого воздуха необходим для изучения состояния газообмена организма при различном состоянии, при мышечной работе для изучения энерготрат организма. Для определения функционального состояния кардиореспираторной системы организма в целом, определяется величина максимально доступной величины потребления кислорода организмом для данного индивидуума (МПК).

Химический газоанализ в течение многих лет был единственным методом исследования (метод и аппарат Холдена). Метод Холдена и до сих пор используется для тарировки автоматических газоанализаторов.

Для анализа CO_2 в настоящее время часто особенно в полевых исследованиях, применяется портативный химический газоанализатор типа АУХ-12 (анализатор углекислоты химический).

В последние годы большую популярность приобрели быстродействующие автоматические газоанализаторы, использующие для анализа O_2 парамагнитные свойства кислорода, а для анализа CO_2 – способность ее поглощать инфракрасное излучение. Для газоанализа CO_2 используются различного типа копнографы; ГУМ – 2; «Инфралит»; «Годард» и др., для анализа O_2 – оксиганализатор ММГ – 7 (магнито-механический газоанализатор), различные O_2 – анализаторы. С середины 60-х годов за рубежом стали появляться спироэргометрические комбайны, включающие велоэргометры

или бегущие дорожки (тредбаны) и полный набор компьютеризированных газоанализаторов, снабженных не только аналоговыми устройствами для расчета всех производных показателей, но и матричными принтерами самых современных образцов, которые позволяют создавать графические изображения всех основных и производных показателей.

Оксигемометрия. Оксигемометрией называется бескровное, длительное и непрерывное определение изменения насыщения артериальной крови кислородом – оксигенация крови.

Переносчиком кислорода в организме является гемоглобин, который, проходя вместе с током крови через легочные капилляры соединяется с кислородом, превращаясь в оксигемоглобин (HbO_2). В нормальных условиях содержится 96 % оксигемоглобина. В тканях оксигемоглобин отдает около 1/3 кислорода и основа переходит в восстановленный гемоглобин. Как известно, артериальная кровь более светлая (алая), а венозная – темная. Это зависит от содержания в крови оксигемоглобина.

Принцип оксигемометрического метода заключается в спектрофотометрическом анализе восстановленного гемоглобина и оксигемоглобина, обладающих различными кривыми оптической плотности.

Метод оксигемометрии основан на фотоэлектрической регистрации поглощения света и живой ткани организма.

Основной частью оксигемометрических приборов является датчик – приспособление, надеваемое на ушную раковину человека. Датчик состоит из 2-х корпусов, соединенных пружинящей скобой. В одном корпусе находятся фотоэлементы в другом – миниатюрные лампы накаливания.

При просвечивании участка кожи тела между фотоэлементами возникает разность потенциалов, зависящая только от процентного содержания оксигемоглобина в крови.

Отвод фототоков осуществляется с помощью гибкого шнура, который через разъём соединяется с прибором, на котором имеется гальванометр, калиброванный таким образом, что его показания отражают изменения оксигенации крови фотометрируемого участка.

Оксигемометр и оксигемограф не могут определять истинную абсолютную величину насыщения крови кислородом. Они показывают только относительные изменения в кислородном насыщении крови. Поэтому после предварительного прогревания ткани уха с помощью датчика прибора и выполнения испытуемым нескольких глубоких дыхательных движений, шкала оксигемографа с помощью ручки – настройки устанавливается на 96 – 98 % шкалы прибора на 60 – 100 %, после чего настройка не меняется и проводится весь опыт.

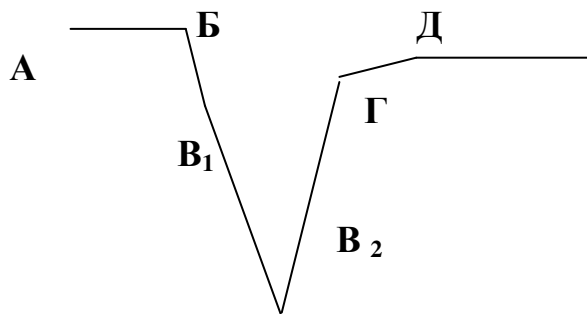
Оксигемометрия при задержке дыхания

Проба с максимальной задержкой дыхания на вдохе (проба Штанге) и на выдохе (проба Генча) как метод функционального исследования получила широкое распространение во всех областях клинической и спортивной медицины, в экспертизе трудоспособности.

Считается, что максимальная длительность задержки дыхания зависит от состояния функции системы внешнего дыхания и кровообращения, интенсивности обмена веществ, состояния организма и его тренированности, уровня гемоглобина в крови и возбудимости дыхательного центра, состояния нервной системы в целом и т.д.

Метод оксигеометрии в сочетании с задержкой дыхания является важным методом функциональной диагностики.

После прогрева и фотометрируемой ушной раковины, стрелку прибора устанавливают на 96 % насыщения. После предварительных 2 – 3 глубоких вдохов – выдохов испытуемый делает субмаксимальный вдох (75 – 90 % от ЖЕЛ) и начинает задержку дыхания, прикрыв рот и зажав нос. Изменение насыщения крови кислородом при задержке дыхания имеет четко повторяющиеся фазы, отличающиеся у разных людей по длительности.



1. Сначала при задержке дыхания уровень насыщения крови кислородом определенное время не меняется (фаза АБ).

Концом этой фазы следует считать изменение насыщения на 1 % (Гандельсман – «Фаза устойчивости оксигенации»). Считается, что продолжительность этой фазы отражает интенсивность протекания окислительных процессов.

2. Фаза БВ, начинается с момента снижения на 1 % и длится до конца задержки дыхания, т.е. до первого вдоха и характеризуется прогрессивным снижением насыщения крови кислородом, за что получила название – гипоксемическая фаза. Продолжительность этой фазы и глубина падения насыщения Нв O_2 характеризует устойчивость организма (нарастающему снижению в крови O_2 и повышению CO_2 (гипоксемия гиперкапния)). В конце фазы записывается процент Нв O_2 .

3. Фаза $B_1 B_2$ нетрудно заметить, что после начала вдоха насыщение крови O_2 не только не повышается, не даже некоторое время снижается. Это связано с тем, что после вдоха артериальная кровь не сразу достигает фотометрируемого участка, а только через несколько секунд, что соответствует скорости кровотока. Время фазы $B_1 B_2$ соответствует скорости кровотока на участке легкие – ухо.

4. Восстановительный период (фаза $B_1 D$).

Этот период характеризуется наличием 3-х фаз $B_1 B_2$, ВГ, ГД. Значение фазы $B_1 B_2$ уже описано.

Восстановление насыщения крови кислородом начинается с точки В, поэтому восстановительной фазой считается участок В-Д, В-Г – быстрая, Г-Д – медленная фазы восстановления.

Восстановление оксигенации крови до истинного уровня за 1-2 минуты говорит о хороших функциональных возможностях организма.

Основными критериями повышения состояния тренированности по данным оксигенации крови, являются: увеличение длительности максимальной задержки дыхания за счет фазы А-Б, Б-В₁, увеличение глубины падения и ускорения времени восстановления насыщения артериальной крови кислородом.

Ухудшение функционального состояния спортсменов проявляются укорочением фазы А-Г, более крупным снижением насыщения и замедлением (более 3 мин.) восстановления насыщения.

Методика определения вентиляторной чувствительности к CO₂

Известно, что гиперкапнический стимул является главным в регуляции дыхания (Бреслав, Глебовский, 1982).

Этот метод дает ценную информацию о перспективности спортсменов в видах спорта на выносливость.

В настоящее время не создано приборов для определения вентиляторной чувствительности CO₂ (они существуют только как экспериментальные установки). ВЧ CO₂ чаще всего определяется по методике «открытой петли» (Read, 1966).

Лабораторные установки для этой цели должны иметь межспектрометр (типа МХ 44101 – Германия). Собирается система для осуществления возвратного дыхания из мешка пятиметровой емкости с начальным составом 6,7 % CO₂ в кислороде. Проба продолжается не менее 4-х минут (Кучкин, 1984). На установке регистрируется % CO₂ в дыхательной системе (F_A CO₂) и вентиляция (V_E).

Вентиляторная чувствительность (по размеру S) определяется по формуле: $S = \Delta V : \Delta P_A \text{ CO}_2$, где

ΔV – прирост вентиляции от начала исследования до момента его окончания.

$\Delta P_A \text{ CO}_2$ – прирост величины альвеолярного PCO₂.

Результаты обозначаются в л/мин. мм.рт.ст. и в норме ВИ CO₂ колеблется от 1 до 3.



РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

АРТАМОНОВ В.Н. Физиологические факторы, определяющие физическую работоспособность М., 1989.- 40 с.

АУЛИК И.В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте М.: Медицина, 1979.- 195 с.

БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ З.Б., КОЗЫРЕВА О.В. Определение физической работоспособности у лиц различного возраста - проба PWC// Теория и практика физической культуры, 1984.- N 3.- С. 51-53.

БРЕСЛАВ И.С. Паттерны дыхания: Физиология, экстремальные состояния, патология. - Л.: Наука, 1984.- 205 с.

БУЛКИН В.А., ШЕЛКОВ О.М. Система комплексного контроля за состоянием квалифицированных спортсменов на различных этапах подготовки// Тенденции развития спорта высших достижений и стратегия подготовки высококвалифицированных спортсменов в 1997-2000 гг.- Мат. Всерос. научно-практич. конференции.- М., 1997.- С. 117-123.

ВЕРХОШАНСКИЙ Ю.В. Основы специальной физической подготовки спортсменов. - М.: Физкультура и спорт, 1988.- 331 с.

ГОДИК М.А. Контроль тренировочных и соревновательных нагрузок. - М.: Физкультура и спорт, 1980.- 136 с.

ГОЛУБЕВ Ю.В. К оценке общей психологической подготовленности высококвалифицированных спортсменов // Теория и практика физической культуры, 1984.- № 9.- С. 6-8.

ГОРОЖАНИН В.С. Нейрофизиологические и биохимические механизмы физической работоспособности// Методологические проблемы совершенствования системы спортивной подготовки квалифицированных спортсменов. - М., 1984.- С. 165-199.

ГОТОВЦЕВ П.И., ДУБРОВСКИЙ В.И. Спортсменам о восстановлении. - М.: Физкультура и спорт, 1981.- 144 с.

ГУЖАЛОВСКИЙ А.А. Этапность развития физических (двигательных) качеств и проблема оптимизации физической подготовки детей школьного возраста: Автореф. дис. ... док. пед. наук. - М., 1979.- 26 с.

ЗАПОРОЖАНОВ В.Г. Контроль в спортивной тренировке. - Киев: Здоровья, 1988.- 154 с.

ИСМАИЛОВ А.И., СОЛОПОВ И.Н., ШАМАРДИН А.И. Психофункциональная подготовка спортсменов.- Учебное пособие.- Волгоград.: ВГАФК, 2001.- 116 с.

КАРПИМАН В.Л., БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ З.Б., ГУДКОВ И.А. Тестирование в спортивной медицине.- М.: Физкультура и спорт, 1988.- 208 с.

КАРПИМАН В.Л., БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ З.Б., ГУДКОВ И.А. Исследование физической работоспособности у спортсменов. - М.: Физкультура и спорт, 1974.- 96 с.

КУЧКИН С.Н. Методы исследования дыхательной функции у спортсменов. – Волгоград, 2000.

КУЧКИН С.Н. Резервы дыхательной системы (обзор и состояние проблемы) // Резервы дыхательной системы.- Волгоград, 1999.- С. 7-51.

КУЧКИН С.Н., БАКУЛИН С.А. Аэробная производительность и методы ее повышения. —Волгоград. —1985. — 127 с.

КУЧКИН С.Н., ЧЕНЕГИН В.М. Физиологические методы исследования в спорте. —Волгоград. —1981.- 84 с.

МИЩЕНКО В.С. Функциональные возможности спортсменов. - Киев: Здоровья, 1990.- 200 с.

МОСКАТОВА А.К. Физиологические факторы спортивной работоспособности и их наследственная обусловленность. - М., 1985.- 48 с.

РОГОЗКИН В.А., ВОЛЬНОВ Н.И., БУЛКИН В.А., КИСЕЛЕВ Ю.Я., МОРОЗОВ В.И. Унифицированный комплексный контроль при проведении массовых обследований спортсменов. - Методические рекомендации. - М., 1986.- 40 с.

СОЛОДКОВ А.С. Физиологические основы адаптации к физическим нагрузкам: Лекция. - Л., 1988.- 39 с.

СОЛОПОВ И.Н., БАКУЛИН С.А. Физиология спортивного плавания. Учебное пособие. Волгоград, 1996.- 84 с.

СОЛОПОВ И.Н., ГЕРАСИМЕНКО А.П. Физиология футбола: Учебное пособие. - Волгоград, 1998.- 96 с.

СОЛОПОВ И.Н. Оптимизация процессов адаптации к мышечным нагрузкам в спорте. - Волгоград.: ВГАФК, 1999.- 28 с.

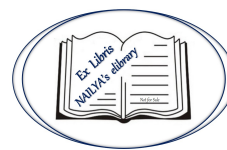
ФОМИН В.С. Физиологические основы управления подготовкой высококвалифицированных спортсменов. - М., 1984.- 64 с.

ШАМАРДИН А.И. Оптимизация функциональной подготовленности футболистов: Монография.- Волгоград, 2000.- 276 с.

ШАМАРДИН А.И., СОЛОПОВ И.Н., ИСМАИЛОВ А.И. Функциональная подготовка футболистов: Учебное пособие.-Волгоград: ВГАФК, 2000.-152 с.

ЯРУЖНЫЙ Н.В. Структура и контроль физической работоспособности в командных игровых видах спорта: Автореф. дис. ... док. пед. наук. - М., 1993.- 46 с.

Учебное издание



СУСЛИНА Ирина Васильевна
МЕДВЕДЕВ Денис Владиславлович
ГОРБАНЁВА Елена Петровна
СОЛОПОВ Игорь Николаевич

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ
ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СПОРТСМЕНОВ**

Учебно-методическое пособие

Подписано в печать 29.12.2011 г.
Формат 60х84 1/16. Усл. печ. листов – 5,9.
Тираж 200 экз. Заказ № 828.
Отпечатано на множительной технике.

Издательство
ФГБОУ ВПО «Волгоградская государственная
академия физической культуры»
400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 78