

# Курс лекций по спортивной адаптологии

Виктор Николаевич Селуянов

МФТИ, лаборатория «Информационные технологии в спорте»

## Оглавление

История развития теории физической подготовки.....	2
Методология построения теории физической подготовки .....	5
Физические качества человека.....	8
Спортивная адаптология.....	13
Классификация физических нагрузок .....	21
Биологически целесообразная классификация нагрузок .....	34
Заключение .....	40

## История развития теории физической подготовки

Эмпирический этап теории физической подготовки (ТФП) завершила свое развитие после выхода в свет монографии В. М. Зациорского «Физические качества спортсмена» (1966). В. М. Зациорский подвел итог развития этого направления теории физического воспитания. В результате были определены пять физических качеств: сила, быстрота, выносливость, гибкость и ловкость, а также пути их биологического развития и методы их воспитания. Методологический подход был заимствован из области эмпирического обобщения экспериментального материала. Эмпирический способ обобщения материала предполагает отсутствие понимания смысла явлений, сравнение, систематизация, классификация проводится на основании формальных критериев. В. М. Зациорский это прекрасно понимал, поэтому в главах для каждого физического качества привел тексты с мелким шрифтом, в которых с помощью сведений из биологических наук пытался объяснить природу явления физических качеств.

Дальнейшее развитие ТФП шло по пути усиления вклада биологических наук в объяснение явления различных сторон физических качеств. Н. И. Волков написал в конце 60-х годов несколько статей с информацией о ходе биоэнергетических процессов в организме человека. Эта информация позволила существенно углубить представления о выносливости спортсменов.

В. Н. Платонов написал в 80-е годы монографию «Адаптация в спорте». Это послужило толчком для усиления активности исследований в ГЦОЛИФКе. Ректор В. Меньшиков собрал ведущих специалистов и задал вопрос: «Украинские специалисты идут вперед, чем мы можем ответить?». После долгой паузы пришлось отвечать на вопрос самому молодому — В. Н. Селуянов предложил развивать математическое моделирование, компьютерные программы могут имитировать адаптационные процессы, а это дает основание для выполнения расчетов и поиска наиболее рациональных вариантов тренировочного процесса, т. е. надо развивать биологически целесообразные методы тренировки, переходить на истинно теоретический уровень мышления. Такое начало породило дискуссию. Ю. В. Врхошанский сказал, что это невозможно и не будет сделано никогда. Л. П. Матвеев отклонился от предмета дискуссии, но заявил, что вот вышла монография Ю. В. Врхошанского о скоростно-силовой подготовке прыгунов. В этой работе почему-то объем и интенсивность растут одновременно в предсоревновательном периоде, а это невозможно. Поэтому эту книгу надо выбросить в окно. (Надо сказать, что выбрасывать экспериментальные данные нельзя. Надо давать корректную интерпретацию их). Надо заметить, что в этой монографии отсутствовала информация о фармакологической поддержке тренировочного процесса прыгунов высшей квалификации. Такая поддержка была и выполнялась нашими сотрудниками — проблемной лаборатории. Прием анаболических стероидов позволил спортсменам одновременно увеличивать и интенсивность, и объем нагрузок. В. М. Игуменов сказал, что в предложении В. Н. Селуянова нет новизны, поскольку «Биологически обоснованную систему тренировки» предложил профессор И. Сергеев. (Профессор И. Сергеев возглавлял лабораторию спортивной морфологии во ВНИИФКе. Сотрудники этой лаборатории Язвиков, Некрасов и др. получили уникальную информацию о влиянии предельных по объему соревновательных нагрузок на строение мышечных волокон. Однако, построение микроциклов

подготовки не имело никакого научного основания. Предельную для морфологической целостности мышечных волокон специальную нагрузку делили на части, предельную нагрузку повторяли один раз в две недели. Материалы были получены на гребцах-академистах. Они выполняли греблю с соревновательной скоростью 1 км. В этом случае степень закисления крови не превышала 6–10 мМ/л. Поэтому внедрение этой системы в академической гребле с приемом анаболических стероидов дало положительный результат, в конькобежном спорте у многоборцев не было положительных сдвигов, а сборная команда страны — спринтеров-конькобежцев была уничтожена, а именно, 12 лучших спринтеров бросили заниматься спортом. Их можно понять, когда каждый день надо предельно закисляться — бегать по 300 м от 10 до 30 раз во всю силу, то уже через пару месяцев никакая эндокринная система такого издевательства не вынесет, перетренировка неизбежна).

Этот ректорат закончился ничем, только обменом мнений.

Ю. В. Верхошанский в дальнейшем (1988, 1998) усилил тезис внедрения биологических знаний в теорию спорта. Стал уделять внимание локальной мышечной выносливости, как лимитирующему фактору во многих видах спорта. При построении микро-, мезо-, макроциклов он рекомендовал учитывать законы адаптации мышечного аппарата. Однако, биологических законов адаптации он не знал, поэтому ориентировал на те закономерности изменения свойств мышечного аппарата, которые обнаружил экспериментально на прыгунах-легкоатлетах. Очевидно, что такой подход чисто эмпирический, он не позволяет понять суть адаптационных процессов, да и нельзя переносить эмпирические закономерности с одного вида спорта на другой. Это запрещено в рамках эмпирической методологии исследований.

В. Н. Платонов продолжил свои разработки, существенно их доработал в монографиях и учебниках («Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте», 2004).

В. Н. Селуянов в начале 90-х годов построил две модели, которые имитировали срочные и долговременные адаптационные процессы в организме спортсменов. Модель, имитирующая срочные адаптационные процессы, включала мышцу, состоящую из мышечных волокон разного типа (ОМВ, ПМВ, ГМВ), сердечнососудистой и дыхательной систем, элементарной центральной нервной системой. Модель позволила объяснить особенности биохимических и физиологических при выполнении упражнений разной интенсивности. Модель, имитирующая долговременные адаптационные процессы, включала мышцу, иммунную, эндокринную и ЦНС. Она позволила изучить долговременные адаптационные процессы изменения массы миофибрилл, митохондрий в мышечных волокнах и миокардиоцитах, массы желез эндокринной системы. Математическое моделирование позволило разработать принципиально новые подходы в построении тренировочного процесса в спорте и оздоровительной физической культуре. В частности, удалось разработать систему ИЗОТОН, в основу которой положен процесс управления эндокринной системой с помощью локальных статодинамических упражнений. Упражнения без расслабления мышц быстро приводят к локальному утомлению, боли, психическому стрессу, активизации эндокринной системы.

Повышенная концентрация гормонов стимулирует процессы синтеза и катаболизма в клетках, нормализации функций, иначе говоря, к оздоровлению.

В целом это направление исследований вылилось в новые научные направления «Спортивная адаптология» и «Спортивно-педагогическая адаптология».

Планирование физической подготовки тесно согласуется с представлениями о физических качествах и методах их развития. Поэтому интересно рассмотреть историю развития этого направления теории физического воспитания.

Монография Л. П. Матвеева «Периодизация спортивной тренировки» (1964) легла в основу теории планирования нагрузок. Основной идеей периодизации стала модель маятника, предложенная Д. Аросьевым. В соответствии с этой формальной моделью объем нагрузки должен расти, а интенсивность снижаться и наоборот. Такая формальная схема хорошо согласовывалась с реальным планированием нагрузок в циклических видах спорта. В скоростно-силовых видах спорта, метаниях, тяжелой атлетике эта модель не подходила. Поэтому появились противники такого подхода А. Н. Воробьев и А. П. Бондарчук.

А. Н. Воробьев (1989) не мог согласиться с подходом, когда штангист должен по общей теории периодизации поднимать сначала маленькие веса, а затем большие. Штангистам хорошо известно, что поднимать веса менее 70 % от максимальной силы бессмысленно. Отсюда возникли сомнения о правомерности применения принципа маятника в тяжелой атлетике.

А. П. Бондарчук (2005) на опыте подготовке метателей пришел к выводу, что в основе планирования должно лежать изменение средств и методов подготовки.

В рамках «Спортивной адаптологии» В. Н. Селуянов выявляет законы планирования нагрузок с помощью имитационного моделирования. Модель работает по биологическим законам, поэтому принципы планирования тренировочного процесса вытекают из законов адаптации (изменения строения мышц и др. органов).

## Методология построения теории физической подготовки

Каждая научная дисциплина исторически развивается от мифотворчества, авторитаризма, эмпиризма к рациональному познанию объекта исследования. Рациональное или математическое познание объекта исследования предполагает построение модели объекта сначала на вербально логическом уровне, а затем математическом, с использованием таких средств, которые позволяют отразить как вещественную часть объекта, так и особенности его функционирования в различных условиях внутренней и внешней среды. Очевидно, что основным инструментом моделирования является дифференциальное исчисление. К. Маркс писал: «Наука только тогда достигнет совершенства, когда ей удастся пользоваться математикой» (1948, стр. 66).

К сожалению, все авторы теории физической подготовки остаются в рамках традиционных философских представлений 60–80-х годов. Для философии науки того времени отсутствовала ясность в разделении эмпирического и теоретического направлений познания. Теоретические исследования в рамках эмпирического подхода им представляются как истинно теоретические исследования.

В соответствии с философией науки 90-х годов (В. С. Степин, 2000) теоретическое направление исследований строится на основе построения модели объекта, затем модель изучается, выявляются новые особенности модели (объекта), что и дает основание к проведению экспериментов на реальном объекте.

Очевидно, что объектом в теории физической подготовки является человек. Следовательно, надо строить концептуальную и математическую модели организма человека.

Для того, чтобы убедиться в содержании методологических подходов авторов эмпирической теории физической подготовкой приведем следующие высказывания.

Л. П. Матвеев в «Общей теории спорта» (2002) пишет, что логика построения теоретического исследования предполагает последовательное выполнение ряда этапов: выявление проблемной ситуации, формулирование рабочей гипотезы, проверка гипотезы на фактологической основе, разработка концептуальных положений. Видно, что эти представления соответствуют логике эмпирического исследования. Логика собственно теоретических исследований Л. П. Матвееву незнакома.

В. Н. Платонов в «Системе подготовки спортсменов в олимпийском спорте» полагает, что существует два уровня в структуре теории:

- Первый уровень составляет эмпирическую и логическую основу теории (факты, понятия и предложения для описания фактов).
- Второй уровень, собственно теоретический уровень — интерпретация фактов, выдвижение идей, гипотез, предположений и т. п.

Все, что здесь написано в точности соответствует эмпирическому направлению исследования. Отсутствие ясности в общих подходах к построению теории приводит к грубым методологическим ошибкам. Например, приведем цитату стр. 27 «В настоящее время хорошо осознана ограниченность возможностей математики для развития знаний в области спорта ... при изучении структуры подготовленности ... многие специалисты использовали различные виды факторного анализа». Из этой цитаты следует, что В. Н. Платонов принимает математическую статистику как инструмент теоретического исследования. Да это так, но теоретического исследования в рамках эмпирического направления исследований.

В. Н. Селуянов предлагает рассматривать ТФП как научную дисциплину, которая включает два уровня:

- Первый уровень — фундаментальный — «Спортивная адаптология» (СА).
- Второй уровень — методический «Спортивно-педагогическая адаптология» (СПА).

Спортивная адаптология это наука о целостном поведении организма спортсменов в тренировочных и соревновательных условиях. Целостное поведение организма спортсменов не может изучать спортивная физиология, поскольку не использует методы математического моделирования для познания реакции организма спортсменов, однако, спортивная адаптология может рассматриваться как необходимая часть спортивной физиологии. Построение и функционирование математических моделей мышечных волокон, мышц, нервной системы, сердечнососудистой, дыхательной, иммунной являются предметом исследований спортивной адаптологии. В основе таких моделей должны быть заложены все необходимые и достаточные знания добытые биологами всего научного мира.

Метод тренировки является описанием последовательности действий спортсмена (иногда под руководством тренера). Последовательность действий предполагает соблюдение нескольких параметров, поиск рациональных вариантов выбора этих параметров является предметом исследования ТФП, а в нашем случае СПА.

План подготовки (технология) должен представить распределение в пределах микроцикла различных методов тренировки и питания для достижения цели спортивной тренировки с учетом процессов долговременной адаптации систем и органов спортсмена.

В отличие от фундаментальной науки — СА, которая изучает спортсмена ради познания основных законов функционирования и адаптации к нагрузкам, методическая наука разрабатывает множество рациональных вариантов тренировки — последовательности управленческих команд, для выбора наиболее подходящего для решения спортивных задач. Последовательность действий — метод, технология не являются предметом фундаментальной науки. Такой поиск схож с инженерным проектированием, поиском вариантов решения задач с учетом среды, состояния объекта и возможностью реализовать план тренировки.

Логика научного поиска в методической деятельности включает следующие этапы:

1. Выбор концептуальной и математической модели спортсмена в соответствии с целью тренировки.
2. Исследование методов тренировки и выбор рациональных вариантов с помощью имитационного моделирования.
3. Разработка микроциклов подготовки и исследование их в ходе имитационного моделирования.
4. Планирование подготовки.
5. Экспериментальное исследование эффективности инновационной программы тренировки

## Физические качества человека

При движении спортсмена можно зафиксировать его перемещение (положение в пространстве, скорость, ускорение) силу взаимодействия с предметами, и производные переменные — мощность, работа. В педагогике эти физические явления получили иную интерпретацию. Появилось понятие физическое качество и его разновидности — сила, быстрота, выносливость, гибкость и ловкость (В. М. Зацюрский, 1966). Для развития этих качеств описываются методы тренировки.

Измерить явления, связанные с физической активностью спортсмена возможно, но развивать физические качества нельзя. В организме человека нет физических качеств. В организме есть, например, мышцы, которые могут сокращаться и являть исследователям силу и скорость перемещения костей и тела в целом в пространстве. Для увеличения максимальной силы тяги мышцы требуется изменить строение мышечных волокон (увеличить количество миофибрилл). К сожалению, в педагогической науке все физические явления остаются без глубокого биологического анализа. Спортивная педагогика обособилась, специалисты этой области знаний считают, что у них имеется своя область знаний. Наблюдения в этой области должны составлять основу для образования понятий и положений науки. Это справедливо, в рамках эмпирического изучения объекта исследований. Только надо понимать, что эмпирик признает себя «за полного дурака», ему не доступна суть явлений, он может лишь как пастух в степи петь о том, что видит перед собой. Поэтому в разделе физическая подготовка спортсменов вместо определения смысла физических проявлений занимаются производством новых терминов. Например, способность к прыжкам называют прыгучестью, способность к бегу — бегучесть, способность к ползанию — ползучесть.

Давайте рассмотрим обычные педагогические представления о физических качествах с точки зрения биологических наук.

### Сила

Под силой понимают способность человека преодолевать внешнее сопротивление за счет активности мышц.

По В. М. Зацюрскому (1966) сила человека зависит от:

- интенсивности напряжения мышц;
- угла тяги мышцы;
- разминки.

Педагоги выделяют виды силовых качеств — максимальная сила, скоростная сила, силовая выносливость, взрывную силу, стартовую силу, динамическую силу, статическую силу, эксцентрическая сила. Разумеется, творческие возможности педагогов этим не исчерпываются и можно придумать еще не одну сотню проявления силы, например, в цикле движения во всех видах спорта, что обычно обзывают специальной силой.



С точки зрения биологии и развития силы, в долгосрочной перспективе, максимальное проявление силы зависит от:

- количества мышечных волокон;
- количества миофибрилл в каждом мышечном волокне.

Срочное проявление силы зависит от управления МВ и активности ферментов мышечных волокон.

Центральная нервная система имеет в коре двигательные зоны с нейронами иннервирующими мотонейроны спинного мозга, а те иннервируют мышечные волокна определенной мышцы.

Увеличение силы тяги мышцы связано с рекрутированием двигательных единиц (ДЕ). Каждый двигательный мотонейрон спинного мозга иннервирует множество мышечных волокон, поэтому совокупность «мотонейрон — группа иннервируемых им мышечных волокон», называется двигательная единица.

Каждая двигательная единица имеет свой порог активации (возбуждения) и максимальную частоту. Поэтому при увеличении силы тяги происходит рекрутирование сначала низкопороговых ДЕ, а затем все более высокопороговых ДЕ. При достижении максимальной частоты импульсации мотонейрона мышечные волокна функционируют в режиме тетануса.

У В. М. Зациорского (1966) рассматривается механизм синхронизации работы ДЕ, эту точку зрения сейчас можно рассматривать как ошибку интерпретации физиологических данных. ДЕ работают практически в режиме «все или ничего», иначе говоря, в режиме гладкого тетануса, поэтому нечего синхронизировать. Внутримышечная координация в основном связана с рекрутированием ДЕ с разным порогом активации.

Активность ферментов мышечного волокна зависит от температуры, степени закисления, концентрации адреналина и норадреналина в крови. Этот эффект достигается с помощью разминки (вводной части тренировочного занятия).

Таким образом, срочный механизм управления силой связан с физиологическим законом рекрутирования ДЕ. Способность человека рекрутировать ДЕ существенно различается у мужчин и женщин, молодых и пожилых людей и представителей различных видов спорта. Поддается тренировке с проявлением максимальных силовых возможностей.

## Быстрота

Быстроты как физического явления в природе не существует, это обобщающее понятие всех спортивных явлений, которые могут быть описаны как быстрые. Например, различают быстроту простой и сложной двигательной реакции. Эти явления к физике не имеют никакого прямого отношения. А вот скорость сокращения мышцы, темп движений являются физическими явлениями.

С точки зрения биологии скорость сокращения мышцы зависит от:

- внешнего сопротивления, в соответствии с законом «сила-скорость» Хилла;
- мышечной композиции;
- максимальной силы.

Темп зависит как от скорости одиночного сокращения, так и от скорости расслабления мышц антагонистов. Скорость расслабления зависит от мощности работы кальциевых насосов, а те, в свою очередь, от массы сарколемальных митохондрий.

### Выносливость

Под выносливостью понимают способность спортсмена выполнять заданное физическое упражнение без потери мощности, преодолевая утомление.

Педагоги различают общую и специальную выносливость.

Биологи (Н. И. Волков) рассматривают проявление выносливости в зависимости от разных типов энергообеспечения мышечной деятельности и сторон ее проявления:

- алактатная мощность, эффективность и емкость;
- анаэробная гликолитическая мощность, эффективность и емкость;
- аэробная гликолитическая мощность, эффективность и емкость;
- мощность липолиза, эффективность и емкость.

Алактатная мощность зависит от мышечной массы, которая предопределяет запасы АТФ и КрФ, т. е. скоростную и силовую выносливость.

Анаэробная гликолитическая мощность зависит от массы и буферных свойств гликолитических мышечных волокон, окислительных МВ и крови.

Аэробная гликолитическая мощность зависит от массы митохондрий в окислительных и промежуточных мышечных волокнах.

Мощность липолиза зависит от массы митохондрий в окислительных мышечных волокнах.

Надо заметить, что эти представления были прогрессивными в 60–80-е годы, поскольку позволяли внедрять биологическое знание в теорию и практику физического воспитания. В XXI веке эти представления выглядят слишком примитивными. Представлять организм человека в виде пробирики, в которой крутятся шестеренки четырех метаболических процессов некорректно. Модель организма человека (спортсмена) должна быть сложнее. Сейчас она должна, как минимум,

включать совокупность мышц пояса верхних и нижних конечностей в каждой мышце надо предусмотреть наличие мышечных волокон разного типа. Сердечнососудистую и дыхательную системы. Блок управления работой этих систем.

При рассмотрении процессов энергообеспечения на более сложной модели существенно меняются представления о построении тренировочного процесса. В дальнейшем эти особенности будут рассмотрены более подробно.

### Гибкость

Под гибкостью понимают подвижность в суставах. Различают пассивную и активную гибкость, а также анатомическую. Ограничения подвижности могут быть анатомическими, физиологическими и морфологическими.

Анатомические ограничения связаны с упором в кости или мышцы.

Физиологические ограничения связаны с тонусом растягиваемых мышц и рефлексом на растяжение.

Морфологические ограничения связаны с длиной миофибрилл в мышечных волокнах. Миофибриллы имеют разную длину и самые короткие ограничивают подвижность в суставе. Для увеличения подвижности следует разрывать самые короткие миофибриллы.

Новое методическое направление — стретчинг, основано на понимании основных физиологических законов. При растягивании мышцы возникает рефлекс на растяжение. Чем быстрее растягивается активная мышца тем сильнее она сопротивляется благодаря рекрутированию большего числа ДЕ. Поэтому маховые резкие движения приводят к разрывам активных мышечных волокон или их миофибрилл. Для снижения травмирующего эффекта в стретчинге предлагают выполнять растяжение легкими рывками с очень маленькой амплитудой. В этом случае рефлекс на растяжение срабатывает, механические нагрузки малы и травм не возникает.

### Ловкость

Под ловкостью понимают способность человека рационально строить свои двигательные действия в изменяющихся условиях внешней и внутренней среды. В тех случаях, когда внешние условия стабильны, то говорят о координационных способностях.

С точки зрения физики ловкость конечно нельзя рассматривать как физическое качество. Эту проблему следует рассматривать с позиции технической подготовки спортсмена, проблемы формирования двигательных навыков.

### Наследуемые аспекты физических качеств

Спортсмены выбирают вид спорта не только по желанию, но и в результате успешности выступления в соревнованиях. Успех в избранном виде спорта во многом определяется наследственной предрасположенностью.

Проявление силы и темпы ее развития зависят от количества мышечных волокон, мощности функционирования эндокринной системы. Проявление максимальной скорости сокращения мышцы зависит от мышечной композиции. Проявление выносливости связано с активностью ферментов, отвечающих за различные механизмы энергообеспечения. Некоторые из ферментов, например, анаэробного гликолиза (пируватдегидрогеназа, лактатдегидрогеназа и др.) могут плохо функционировать, ограничивать работоспособность в условиях мышечного закисления.

Таким образом, все перечисленные характеристики наследуются и определяют выбор вида спорта в ходе начала спортивной специализации.

### Развиваемые аспекты физических качеств

Сила зависит от физиологического поперечника, который преимущественно увеличивается в результате гиперплазии миофибрилл. Скорость сокращения мышцы зависит от роста силы. Темп зависит от массы саркоплазматических митохондрий. Выносливость зависит от массы миофибриллярных митохондрий, а также от количества гликогена и жира в мышечных волокнах.

### Выводы

Развитие физических качеств не возможно, это бессмысленно. Развитию подлежат структуры клеток организма спортсменов. Для увеличения проявления силы и скорости сокращения мышц нужно заняться гиперплазией миофибрилл, а для увеличения мощности и продолжительности работы следует увеличить гиперплазию митохондрий.

Следовательно, для роста физических возможностей есть два основных пути — рост массы миофибрилл и митохондрий. Остальные факторы также имеют значение, например, масса гликогена и жира в мышечных волокнах, доставка кислорода к мышечным волокнам.

## Спортивная адаптология

Развитие науки приводит к появлению моделей объекта исследования, с помощью которых познаются новые свойства или разрабатываются инновационные технологии, создается теория. Для построения ТФП необходимо построить модель идеальной клетки, мышечного волокна, мышцы, нервно-мышечного аппарата, сердечно-сосудистой системы, дыхательной системы, эндокринной и иммунной, пищеварительной.

### Идеальная клетка

Все клетки животных устроены в первом приближении одинаково. Клетка, например, мышечное волокно имеет мембрану — сарколемму. В саркоплазме имеются все обычные органеллы и многочисленные ядра (мышечное волокно — многоядерная клетка). Специфическими органеллами являются миофибриллы.

Структурными компонентами клетки являются:

— плазма, прозрачная жидкость с включением белков в виде ферментов метаболизма углеводов, аминокислот, жиров (липидов) и др. веществ, а также тРНК. В плазме происходит с помощью рибосом и полирибосом строительство новых органелл.

— мембраны клетки состоят из жира (40 %) и белка (60 %). Белковые включения выполняют функции: белков-переносчиков, белков-ферментов, рецепторов, структурной основы.

— митохондрии — энергетические станции клетки, занимаются ресинтезом молекул АТФ с помощью окислительного фосфорилирования. Они потребляют кислород, углеводы, жиры и выделяют углекислый газ, воду, и ресинтезированные молекулы АТФ. Продукты метаболизма также могут проникать через мембраны митохондрий цитоплазму.

— эндоплазматическая сеть — совокупность мембран, трубочек, вакуолей. Различают гранулярную и гладкую эндоплазматическую сеть. В гранулярной ЭПС происходит синтез мембранных белков и др. компонентов клетки. Гладкая ЭПС участвует в синтезе липидов, хорошо развита в клетках эндокринной системы. Возможна связь и с синтезом гликогена.

— комплекс Гольджи — сеть мембран, выполняющих секреторную функцию.

— лизосомы — шаровидные структуры, содержащие гидролитические ферменты (протеиназы, глюкозидазы, фосфатазы, нуклеазы, липазы). Лизосомы участвуют в процессах внутриклеточного переваривания. Особенно активным становятся лизосомы при закислении клетки, увеличении концентрации ионов водорода.

— рибосомы — элементарные аппараты синтеза белков.

— микротрубочки — фибриллярные образования, выполняют роль каркасных структур.

— глобулы гликогена — запас углеводов в клетке.

— капельки жира — запас жира в клетке.

— ядро — система генетически детерминации синтеза белка. Включает хроматин, ядрышки, кариоплазму и ядерную оболочку. Хроматин содержит ДНК, здесь образуются иРНК, в ядрышках образуется рибосомальная рРНК.

После выяснения структуры клетки можно рассмотреть физиологические процессы в клетке. С точки зрения теории физической подготовки интерес представляют процессы катаболизма и анаболизма.

Анаболизм обеспечивается ДНК и полирибосомами, активизируется анаболизм с помощью стероидных гормонов. Для физического развития особенно важны соматотропин (гормон роста) и тестостерон. Стероидные гормоны проникают только в активные клетки.

Катаболизм в клетке обеспечивается лизосомами. Они становятся особенно активными при закислении клетки — появлении в них ионов водорода. В этом случае увеличиваются поры в мембранах, ускоряются как процессы диффузии, так и активного транспорта.

Таким образом, физическое развитие активных клеток обеспечивается повышением концентрации стероидных гормонов в крови, при минимизации катаболизма (закисления крови). Для тренера появляются первые принципы построения тренировочного процесса:

*1. Управление активностью ЦНС и мышц обеспечивается управление эндокринной системой (концентрацией стероидных гормонов — соматотропина и тестостерона в организме спортсменов).*

*2. Управление концентрацией гормонов в крови приводит к адапционным перестройкам в мышечных волокнах (росту миофибрилл и митохондрий).*

### Эндокринная система

Эндокринная система включает несколько желез: гипофиз, шишковидная, надпочечники, гонады, поджелудочная и др. При выполнении физических упражнений в коре головного мозга возникает психическое напряжение (стресс), что вызывает активизацию гипоталамуса и активизацию работы гипофиза. Передняя доля гипофиза выделяет в кровь соматотропин, тиреотропин, АКТГ, фолликулостимулирующий (ФСГ) и лютеинизирующий (ЛГ) гормоны.

Соматотропин (гормон роста) — проникая в мышечные волокна стимулирует синтез миофибрилл, активизируется синтез в сухожилиях и костной ткани.

ФСГ, ЛГ — активизируют гонады, что ведет к выделению в кровь тестостерона, который в мышечных волокнах активизирует синтез миофибрилл.

Хорошо известно, что концентрация соматотропина и тестостерона растет при выполнении силовых, скоростно-силовых и скоростных упражнений, а также от массы активных мышц. Поэтому развитие мышечных волокон наиболее интенсивно происходит при выполнении предельных и околопредельных по психическому напряжению упражнений при минимизации степени закисления (катаболизма) МВ.

Отсюда следует следующий педагогический принцип спортивной тренировки:

*3. Наиболее эффективными (стрессорными) являются физические упражнения, выполняемые с предельным или околопредельным психическим напряжением (интенсивностью).*

### Иммунная система

Иммунная система включает костный мозг, тимус, лимфатические узлы и др. Костный мозг отвечает за строительство форменных элементов крови. Важнейшими факторами нормализации функционирования костного мозга являются тестостерон и витамин В12. Поэтому стрессорные нагрузки являются стимуляторами активности и развития костного мозга, а значит иммунной системы.

### Мышца

Мышца состоит из мышечных волокон. Мышечные волокна принято классифицировать на быстрые и медленные. Определить мышечную композицию можно с помощью биопсии. Делают биопсию из латеральной головки четырехглавой мышцы бедра. Кусочек мышечной ткани быстро замораживают, потом делают тонкие срезы и обрабатывают химически по определенной технологии. Обычно определяют активность миозиновой АТФазы — фермента разрушающего молекулу АТФ. Затем смотрят поперечные срезы мышечных волокон и видят окраску — черные, серые и белые МВ. Подсчитывают долю на определенной поверхности или из 200 единиц МВ одинаковой окраски. Эта мышечная композиция наследуется. Нельзя практически существенно менять АТФазную активность МВ. В экспериментах с электромиостимуляцией временно можно изменять АТФазную активность, но практического значения эти эксперименты пока не имеют.

Важно отметить, что каждая мышца имеет свою собственную унаследованную мышечную композицию, поэтому взятие биопсии из одной мышцы не может дать полной картины одаренности спортсмена. Педагогическое наблюдение и тестирование может дать более полную информацию о таланте спортсмена, чем лабораторное обследование. Например, набор тестов для легкоатлетов — прыжок с места на двух ногах, многоскоки с ноги на ногу, метание ядра вперед и назад, метание гранаты, позволят в сравнении с нормами оценить одаренность различных мышечных групп у данного спортсмена. Если большинство мальчиков 11–12 лет прыгает в длину с места на 200 см, а один из них прыгнул на 250 см, то нет сомнений,

что этот мальчик имеет в мышцах разгибателях суставов ног высокий процент быстрых МВ.

Существует способ классификации МВ по другим ферментам. Особый интерес представляет классификация МВ по активности ферментов митохондрий. В этом случае говорят об окислительных, промежуточных и гликолитических МВ. Эта мышечная композиция не наследуется, поскольку окислительные мышечные волокна легко превращаются в гликолитические при прекращении тренировок. Митохондрии разрушаются, стареют и через 20 дней от 100 % остается только 50 % и т. д. Спортивная форма теряется без тренировок очень быстро.

Мышечное волокно имеет специфические органеллы — миофибриллы. Миофибриллы у всех животных одинаковые по строению и различаются только по длине (количеству саркомеров). Поперечное сечение всех миофибрилл одинаковое. Поэтому сила сокращения мышечного волокна зависит от количества миофибрилл в нем.

Саркомер — последовательный компонент миофибриллы, состоит из нитей актина и миозина. Из миозина выходят веточки с головками. Головка миозина является одновременно ферментом для разрушения молекул АТФ и КрФ. При разрушении молекулы АТФ образуется АДФ, Ф, Н и энергия. Для ресинтеза молекулы АТФ нужна энергия, она берется из молекулы КрФ, которая при разрушении преобразуется в свободный Кр, неорганический фосфат (Ф) и энергию.

Сокращение саркомера и миофибриллы возникает при выходе из цистерн кальция. Он прикрепляется к активным центрам актина и освобождает их для создания мостика между актином и миозином. Головка миозина, при прикреплении к актину, поворачивается на 45 градусов, что обеспечивает скольжение нитей по отношению друг к другу. Отрыв головки миозина от актина требует затраты энергии, которая берется из процесса разрушения молекулы АТФ ферментом — миозиновой АТФазой. Вслед за этим креатинфосфокиназа разрушает КрФ и энергия этой молекулы идет на ресинтез АТФ. Свободный креатин и неорганический фосфат проникает сквозь миофибриллу к митохондриям или ферментам гликолиза и приводят к запуску гликолиза и окислительному фосфорилированию.

Выход кальция из цистерн происходит при активации МВ. После прекращения электрической стимуляции МВ в цистернах закрываются поры, а кальциевые насосы продолжают закачивать атомы кальция в цистерны. Через 50–100 мс большая часть ионов кальция закачивается обратно в цистерны. Этот процесс называют расслаблением мышцы.

Молекулы АТФ крупные, поэтому очень медленно перемещаются по МВ. Посредником между миофибриллами и митохондриями по доставке энергии являются молекулы КрФ. Эти молекулы маленькие и легко перемещаются по МВ. Российские ученые (Сакс с соав., 1977) назвали этот механизм креатинфосфатным челноком.

Поэтому прием креатина с пищей позволяет повысить его концентрацию в МВ. В результате существенно ускоряются метаболические процессы в МВ.



## Модель биоэнергетических процессов в мышечных волокнах разного типа

В гликолитических мышечных волокнах имеется запас молекул АТФ в миофибриллах, запас молекул АТФ около митохондрий, запас молекул АТФ в саркоплазме. Имеется запас молекул КрФ, глобул гликогена и капелек жира. Масса митохондрий в гликолитических МВ (ГМВ) мала, поскольку необходима только для жизни этих клеток в покое.

Активизация биохимических процессов начинается с момента прохождения электрических импульсов по мембранам МВ. Открываются поры в цистернах, выходит кальций в саркоплазму, кальций прикрепляется к актину, образуются актин-миозиновые мостики, тратится АТФ и КрФ. Свободный креатин и неорганический фосфат выходят из миофибрилл и используют энергию саркоплазматических молекул АТФ для ресинтеза КрФ. Молекулы АТФ ресинтезируются в ходе анаэробного гликолиза. Гликолиз начинается с разрушения молекулы глюкозы или гликогена, а заканчивается образованием пирувата. Пируват, из-за отсутствия митохондрий, преобразуется в лактат. Соединение аниона лактата с протоном водорода приводит к образованию молочной кислоты, которая может в таком виде выходить в кровь. В крови молекула молочной кислоты диссоциирует, поэтому между концентрацией водорода и лактата имеется высокая корреляционная связь ( $R = 0,99$ ).

Ионы водорода образуются при распаде саркоплазматических и других молекул АТФ.

Активность ГМВ приводит к накоплению в саркоплазме продуктов метаболизма Н, Кр, Ф, Ла, Пир и др.

Запасов миофибриллярных АТФ хватает на 1–2 с, КрФ 5–20 с (в зависимости от режима сокращения и расслабления МВ). Затем усиливается гликолиз, но мощность его не более 50 % от максимума, а из-за накопления ионов водорода нарушается процесс образования актин-миозиновых мостиков и через 30 с они практически полностью перестают образовываться. Это явление обычно определяют как локальное мышечное утомление. ГМВ определяют как утомляемые мышечные волокна.

Окислительные мышечные волокна устроены точно также как и гликолитические мышечные волокна. Основное различие связано с массой митохондрий. В ОМВ масса митохондрий находится в предельном соотношении с миофибриллами, что обеспечивает максимальное потребление кислорода одним килограммом ОМВ около 0,3 л/мин.

Активизация ОМВ приводит к образованию актин — миозиновых мостиков и затратам энергии молекул АТФ. Концентрация миофибриллярных молекул АТФ поддерживается КрФ. Поддержание концентрации КрФ обеспечивается двумя путями:

- молекулами АТФ ресинтезируемыми в митохондриях,
- молекулами АТФ ресинтезируемыми в аэробном гликолизе.

Этот процесс развивается в течение 45–60 с. К этому времени одновременно может идти как гликолиз, так и окисление жиров. Но по мере функционирования митохондрий в саркоплазме накапливается цитрат, поэтому начинается ингибирование ферментов гликолиза и ОМВ полностью переходит на липолиз.

Липолиз использует запасы жира в капельках, запаса этого жира у нормальных людей хватает на 30–50 мин. Жирные кислоты крови медленно поступают в МВ, поэтому не могут полностью обеспечить мышечную деятельность высокой интенсивности.

Митохондрии поглощают АДФ, Ф, кислород, пируват, жирные кислоты, глицерол, ионы водорода и выделяют ресинтезированные молекулы АТФ, углекислый газ и воду. Поэтому ОМВ не закисляются, не утомляются.

Окисление жиров в ОМВ может прекратиться, если в саркоплазме появятся ионы лактата. В этом случае окисление жиров ингибируется, а лактат становится субстратом окисления. Лактат с помощью лактатдегидрогеназы сердечного типа превращается в пируват, а тот, через ацетил-коэнзима, поступает в митохондрии. Пируват также начинает образовываться в ходе гликолиза из глюкозы и гликогена.

Лактат может попасть в ОМВ только при одновременном функционировании ГМВ и ОМВ.

Биомеханические свойства мышечных волокон связаны с эмпирическими законами:

- «сила — длина»,
- «сила — скорость»,
- «сила — время активации»,
- «сила — время расслабления»,
- «сила — энергия упругой деформации».

Эти законы надо учитывать при анализе соревновательной деятельности.

## Нервно-мышечный аппарат

### Сердце и кровообращение

Деятельность сердца и сосудов обеспечивает кровообращение — непрерывное движение крови в организме. В своем движении кровь проходит по большому и малому кругам кровообращения. Большой круг начинается от левого желудочка сердца, включает аорту, отходящие от нее артерии, артериолы, капилляры, вены и заканчивается полыми венами, впадающими в правое предсердие. Малый круг кровообращения начинается от правого желудочка, далее — легочная артерия, легочные артериолы, капилляры, вены, легочная вена, впадающая в левое предсердие.

Функцией сердца является ритмическое нагнетание в артерии крови. Сокращение мышечных волокон (миокардиоцитов) стенок предсердий и желудочков называют систолой, а расслабление — диастолой.

Количество крови, выбрасываемое левым желудочком сердца в минуту, называется минутным объемом кровотока (МОК). В покое он составляет в норме 4–5 л/мин. Разделив МОК на частоту сердечных сокращений в минуту (ЧСС), можно получить ударный объем кровотока или сердца (УОС). В покое он составляет 60–70 мл крови за удар.

Частота и сила сокращений зависит от нервной, гуморальной (адреналин) регуляции и биомеханических условий работы желудочков.

При вертикальном положении тела имеется механический фактор — сила тяжести крови, затрудняющий работу сердца, приток венозной крови к правому предсердию. В нижних конечностях скапливается до 300–800 мл крови.

При мышечной работе минутный объем кровотока растет за счет увеличения ЧСС и УОС. Заметим, что УОС достигает максимума при ЧСС 120–150 уд/мин, а максимум ЧСС бывает при 180–200 и более уд/мин. МОК достигает 18–25 л/мин у нетренированных лиц при достижении максимальной ЧСС (Физиология мышечной деятельности, 1982). В этот момент сердце доставляет организму максимум кислорода:

$$V_{O_2} = \text{МОК} \times \text{Нв} \times 0,00134 = 20 \times 160 \times 0,00134 = 4,288 \text{ л/мин}$$

Здесь Нв — содержание гемоглобина в крови, г/л крови; 0,00134 — кислородная емкость гемоглобина в артериальной крови.

Если бы мышцы нетренированного человека могли бы полностью использовать весь приходящий кислород, то этот человек мог бы стать мастером спорта по бегу на длинные дистанции (бегуны мирового класса потребляют кислород на уровне анаэробного порога 4,0–4,5 л/мин). Однако, в мышцах мало митохондрий, поэтому максимальное потребление кислорода (МПК) у нетренированного мужчины составляет 3–3,5 л/мин (45–50 мл/кг/мин), у нетренированной женщины — 2–2,2 л/мин (40–45 мл/кг/мин). На уровне анаэробного порога потребление кислорода составляет в среднем 60–70 % МПК, что в 2 раза меньше, чем у мастеров спорта (Аулик И. В., 1990; Спортивная физиология, 1986).

### Кровеносные сосуды

Сердце при сокращении (систоле) выталкивает кровь в аорту и легочную артерию, растягивая их и создавая давление крови (Р). Движению крови препятствует сосудистое (периферическое) сопротивление. Максимальное давление называется систолическим артериальным давлением (САД), минимальное — диастолическим артериальным давлением (ДАД). В условиях покоя в норме САД = 120 мм рт. ст., ДАД = 80 мм рт. ст. Между растяжимостью (эластичностью) артерий и давлением крови в сосудах имеется обратная зависимость. Чем растяжимее артерии, тем больше крови может быть нагнетено без увеличения артериального давления (АД).

При артериосклерозе стенка аорты менее эластична, поэтому надо сильнее нагнетать кровь (тот же объем крови, как у здорового человека), чтобы она дальше прошла по сосудам. Соппротивление кровотоку зависит от вязкости крови и, главным образом, от просвета сосудов. Увеличение напряжения мышц вызывает перекрытие сосудов — увеличение сосудистого сопротивления. Накопление в крови мышц продуктов анаэробных процессов ( $pH$ ,  $p_{CO_2}$ , уменьшение  $p_{O_2}$  и др. ) приводит к рабочей гиперемии — расширению кровеносных сосудов, т. е. уменьшению АД (Физиология мышечной деятельности, 1981).

Нервный контроль и гуморальный наиболее важны в управлении функциями сосудистой системы. Симпатические нервные волокна иннервируют гладкие мышцы в стенках артериальных и венозных сосудов, особенно мелких. Кровоток через капилляры определяется местными факторами.

Сосудосуживающий эффект связан с выделением из окончаний адренэргических симпатических волокон норадреналина, который вызывает эффект сокращения гладкомышечных сосудистых клеток, имеющих альфа-рецепторы на мембране (почки, печень, желудочно-кишечный тракт, легкие, кожа). Сосудорасширительный эффект (вазодилатацию) вызывает действие норадреналина и адреналина на гладкомышечные клетки, имеющие бета-рецепторы (сосуды скелетных мышц, сердца, надпочечников) (Физиология человека, 1998).

#### Реакция организма спортсмена на упражнения разной интенсивности

Каждый спортсмен может себя протестировать, участвуя в соревнованиях на различные дистанции. Зная скорость бега и время можно построить график личных рекордов. Если ось времени представлена как логарифм от времени, то получается график из двух прямых. Первая прямая характеризует максимальные скоростно-силовые способности, вторая — наклонная прямая, характеризует аэробные возможности спортсмена.

Таким образом, никаких 4 или 5 зон мощности у отдельных спортсменов нет, поэтому классическое представление о зонах мощности на кривой мировых рекордов является ошибочным. На полулогарифмическом графике мировых рекордов по легкой атлетике можно видеть четыре прямые соответствующие 4 лучшим спортсменам мира, т. е. каждый прямолинейный отрезок представляет индивидуальную кривую рекордов. Первая — спринтеров, вторая бегунов на средние дистанции, третья — бегунов на длинные дистанции и четвертая — марафонцев.

## Классификация физических нагрузок

Средства и методы физической подготовки направлены на изменение строения мышечных волокон скелетных мышц и миокарда, а также клеток других органов и тканей (например, эндокринной системы). Каждый метод тренировки характеризуется несколькими переменными, отражающими внешнее проявление активности спортсмена: интенсивность сокращения мышц, интенсивность упражнения, продолжительность выполнения (количество повторений — серия, или длительность выполнения упражнений), интервал отдыха, количество серий (подходов). Существует еще внутренняя сторона, которая характеризует **срочные** биохимические и физиологические процессы в организме спортсмена. В результате проведения тренировочного процесса происходят **долговременные** адаптационные перестройки, именно этот результат является сутью или целью применения тренировочного метода и средства.

### Упражнения максимальной анаэробной мощности

Внешняя сторона физического упражнения

Интенсивность сокращения мышц должна составлять 90–100 % от максимума.

Интенсивность упражнения (серии) — чередование сокращения мышц и периодов их расслабления, может составлять 10–100 %. При низкой интенсивности упражнения и максимальной интенсивности сокращения мышц упражнение выглядит как силовое, например, приседание со штангой или жим лежа.

Увеличение темпа, сокращение периодов напряжения и расслабления мышц превращает упражнения в скоростно-силовое, например, прыжки, а в борьбе используют броски манекена или партнера или упражнения из арсенала общефизической подготовки: прыжки, отжимания, подтягивания, сгибание и разгибание туловища, все эти действия выполняются с максимальным темпом.

Продолжительность упражнений с максимальной анаэробной интенсивностью как правило бывает короткой. Силовые упражнения выполняются с 1–4 повторениями в серии (подходе). Скоростно-силовые упражнения включают до 10 отталкиваний, а темповые — скоростные упражнения длятся — 4–10 с.

Интервал отдыха между сериями (подходами) существенно различается.

При выполнении силовых упражнений интервал отдыха превышает, как правило, 5 мин.

При выполнении скоростно-силовых упражнений иногда интервал отдыха сокращают до 2–3 мин.

При выполнении скоростных упражнений интервал отдыха может составлять 45–60 с.

Количество серий обусловлено целью тренировки и состоянием подготовленности спортсмена. В развивающем режиме число повторений составляет 10–40 раз.

Количество тренировок в неделю определяется целью тренировочного задания, а именно, что преимущественно надо гиперплазировать в мышечном волокне — миофибрилы или митохондрии.

### Внутренняя сторона физического упражнения

Упражнения максимальной анаэробной мощности требуют рекрутирования всех двигательных единиц.

Это упражнения с почти исключительно анаэробным способом энергообеспечения работающих мышц: анаэробный компонент в общей энергопродукции составляет от 90 % до 100 %. Он обеспечивается главным образом за счет фосфагенной энергетической системы (АТФ+КФ) при некотором участии лактаcidной (гликолитической) системы в гликолитических и промежуточных мышечных волокнах. В окислительных мышечных волокнах по мере исчерпания запасов АТФ и КрФ разворачивается окислительное фосфорилирование, кислород в этом случае поступает из миоглобина ОМВ и крови.

Рекордная максимальная анаэробная мощность, развиваемая спортсменами на велоэргометре составляет 1000–1500 Ватт, а с учетом затрат на перемещение ног более 2000 Ватт. Возможная предельная продолжительность таких упражнений колеблется от секунды (изометрическое упражнение) до несколько секунд (скоростное темповое упражнение).

Усиление деятельности вегетативных систем происходит в процессе работы постепенно. Из-за кратковременности анаэробных упражнений во время их выполнения функции кровообращения и дыхания не успевают достигнуть возможного максимума. На протяжении максимального анаэробного упражнения спортсмен либо вообще не дышит, либо успевает выполнить лишь несколько дыхательных циклов. Соответственно легочная вентиляция не превышает 20–30 % от максимальной.

ЧСС повышается еще до старта (до 140–150 уд/мин) и во время упражнения продолжает расти, достигая наибольшего значения сразу после финиша — 80–90 % от максимальной (160–180 уд/мин). Поскольку энергетическую основу этих упражнений составляют анаэробные процессы, усиление деятельности кардиореспираторной (кислородтранспортной) системы практически не имеет значения для энергетического обеспечения самого упражнения. Концентрация лактата в крови за время работы изменяется крайне незначительно, хотя в рабочих мышцах она может достигать в конце работы 10 ммоль/кг и даже больше. Концентрация лактата в крови продолжает нарастать на протяжении нескольких минут после прекращения работы и составляет максимально 5–8 ммоль/л (Аулик И. В., 1990, Коц Я. М., 1990).

Перед выполнением анаэробных упражнений несколько повышается концентрация глюкозы в крови. До начала и в результате их выполнения в крови очень существенно повышается концентрация катехоламинов (адреналина и норадреналина) и гормона роста, но несколько снижается концентрация инсулина; концентрации глюкагона и кортизола заметно не меняются (Аулик И. В., 1990, Коц Я. М., 1990).

Ведущие физиологические системы и механизмы, определяющие спортивный результат в этих упражнениях: центрально-нервная регуляция мышечной деятельности (координация движений с проявлением большой мышечной мощности), функциональные свойства нервно-мышечного аппарата (скоростно-силовые), емкость и мощность фосфагенной энергетической системы рабочих мышц.

Внутренние, физиологические процессы разворачиваются более интенсивно в случае выполнения повторной тренировки. В этом случае в крови увеличивается концентрация гормонов, а в мышечных волокнах и крови концентрация лактата и ионов водорода если отдых будет пассивный и коротким.

### Долговременные адаптационные перестройки

Выполнение развивающих тренировок силовой, скоростно-силовой и скоростной направленности с частотой 1 или 2 раза в неделю позволяют существенно изменить массу миофибрилл в промежуточных и гликолитических мышечных волокнах. В окислительных мышечных волокнах существенных изменений не происходит, поскольку (предполагается) в них не накапливаются ионы водорода, поэтому не происходит стимуляции генома, затруднено проникновение анаболических гормонов в клетку и ядро. Масса митохондрий при выполнении упражнений предельной продолжительности расти не может поскольку в промежуточных и гликолитических МВ накапливается значительное количество ионов водорода.

Сокращение продолжительности выполнения упражнения максимальной алактатной мощности, например, снижает эффективность тренировки с точки зрения роста массы миофибрилл, поскольку снижается концентрация ионов водорода и гормонов в крови. В то же время снижение концентрации ионов водорода в гликолитических МВ приводит к стимуляции активности митохондрий, а значит к постепенному разрастанию митохондриальной системы.

Следует заметить, что на практике использовать эти упражнения следует очень осторожно, поскольку упражнения максимальной интенсивности требуют проявления значительных механических нагрузок на мышцы, связки и сухожилия, а это приводит к накоплению микротравм опорно-двигательного аппарата.

Таким образом, упражнения максимальной анаэробной мощности, выполняемые до отказа, способствуют наращиванию массы миофибрилл в промежуточных и гликолитических мышечных волокнах, а при выполнении этих упражнений до легкого утомления (закисления) мышц, в интервалах отдыха активизируется окислительное фосфорилирование в митохондриях промежуточных и гликолитических мышечных волокон, что в итоге приведет к росту массы митохондрий в них.

### Упражнения околомаксимальной анаэробной мощности

#### Внешняя сторона физического упражнения

Интенсивность сокращения мышц должна составлять 70–90 % от максимума.

Интенсивность упражнения (серии) — чередование сокращения мышц и периодов их расслабления, может составлять 10–90 %. При низкой интенсивности упражнения и околомаксимальной интенсивности (60–80 %) сокращения мышц упражнение выглядит как тренировка силовой выносливости, например, приседание со штангой или жим лежа в количестве более 12 раз.

Увеличение темпа, сокращение периодов напряжения и расслабления мышц превращает упражнения в скоростно-силовое, например, прыжки, а в борьбе используют броски манекена или партнера или упражнения из арсенала общефизической подготовки: прыжки, отжимания, подтягивания, сгибание и разгибание туловища, все эти действия выполняются с околомаксимальным темпом.

Продолжительность упражнений с околомаксимальной анаэробной интенсивностью как правило бывает 20–50 с. Силовые упражнения выполняются с 6–12 или более повторениями в серии (подходе). Скоростно-силовые упражнения включают до 10–20 отталкиваний, а темповые — скоростные упражнения — 10–50 с.

Интервал отдыха между сериями (подходами) существенно различается.

При выполнении силовых упражнений интервал отдыха превышает, как правило, 5 мин.

При выполнении скоростно-силовых упражнений иногда интервал отдыха сокращают до 2–3 мин.

При выполнении скоростных упражнений интервал отдыха может составлять 2–9 мин.

Количество серий обусловлено целью тренировки и состоянием подготовленности спортсмена. В развивающем режиме число повторений составляет 3–4 серии повторяются 2 раза.

Количество тренировок в неделю определяется целью тренировочного задания, а именно, что преимущественно надо гиперплазировать в мышечном волокне — миофибрилы или митохондрии. При общепринятом планировании нагрузок цель ставится — увеличение мощности механизма анаэробного гликолиза.

Предполагается, что длительное пребывание мышц и организма в целом в состоянии предельного закисления будто-бы должно приводить к адапционным перестройкам в организме. Однако, до настоящего времени нет работ, которые бы прямо показали полезный эффект предельных околомаксимальных анаэробных упражнений, но имеется масса работ, которые демонстрируют резко отрицательное действие их на строение миофибрилл и митохондрий. Очень высокие концентрации ионов водорода в МВ приводят как прямому химическому разрушению структур, так и усилению активности ферментов протеолиза, которые при закислении выходят из лизосом клеток (пищеварительного аппарата клетки).

Внутренняя сторона физического упражнения



Упражнения околомаксимальной анаэробной мощности требуют рекрутирования больше половины двигательных единиц, а при выполнении предельной работы и всех оставшихся.

Это упражнения с почти исключительно анаэробным способом энергообеспечения работающих мышц: анаэробный компонент в общей энергопродукции составляет более 90 %. В гликолитических МВ он обеспечивается главным образом за счет фосфагенной энергетической системы (АТФ+КрФ) при некотором участии лактацидной (гликолитической) системы. В окислительных мышечных волокнах по мере истощения запасов АТФ и КрФ разворачивается окислительное фосфорилирование, кислород в этом случае поступает из миоглобина ОМВ и крови.

Возможная предельная продолжительность таких упражнений колеблется от нескольких секунд (изометрическое упражнение) до десятков секунд (скоростное темповое упражнение) (Аулик И. В., 1990, Коц Я. М., 1990).

Усиление деятельности вегетативных систем происходит в процессе работы постепенно. Через 20–30 с в окислительных МВ разворачиваются аэробные процессы, нарастает функция кровообращения и дыхания, которые могут достигнуть возможного максимума. Для энергетического обеспечения этих упражнений значительное усиление деятельности кислородтранспортной системы уже играет определенную энергетическую роль, причем тем большую, чем продолжительнее упражнение. Предстартовое повышение ЧСС очень значительно (до 150–160 уд/мин). Наибольших значений (80–90 % от максимальной) она достигает сразу после финиша на 200 м и на финише 400 м. В процессе выполнения упражнения быстро растет легочная вентиляция, так что к концу упражнения длительностью около 1 мин она может достигать 50–60 % от максимальной рабочей вентиляции для данного спортсмена (60–80 л/мин). Скорость потребления O<sub>2</sub> также быстро нарастает на дистанции и на финише 400 м может составлять уже 70–80 % от индивидуального МПК.

Концентрация лактата в крови после упражнения весьма высокая — до 15 ммоль/л у квалифицированных спортсменов. Она тем выше, чем больше дистанция и выше квалификация спортсмена. Накопление лактата в крови связано с длительным функционированием гликолитических МВ.

Концентрация глюкозы в крови несколько повышена по сравнению с условиями покоя (до 100–120 мг). Гормональные сдвиги в крови сходны с теми, которые происходят при выполнении упражнения максимальной анаэробной мощности (Аулик И. В., 1990, Коц Я. М., 1990).

Внутренние, физиологические процессы разворачиваются более интенсивно в случае выполнения повторной тренировки. В этом случае в крови увеличивается концентрация гормонов, а в мышечных волокнах и крови концентрация лактата и ионов водорода, если отдых будет пассивный и коротким. Повторное выполнение упражнений с интервалом отдыха 2–4 мин приводит к предельно высокому накоплению лактата и ионов водорода в крови, как правило, число повторений не бывает больше 4.

## Долговременные адаптационные перестройки

Выполнение «развивающих» тренировок силовой, скоростно-силовой и скоростной направленности с частотой 1 или 2 раза в неделю позволяют добиться следующего.

Силовые упражнения, которые выполняются с интенсивностью 65–80 % от максимума или с 6–12 подъемами груза в одном подходе являются самыми эффективными с точки зрения прибавления миофибрилл в гликолитических мышечных волокнах, в ПМВ и ОМВ изменения существенно меньше.

Масса митохондрий от таких упражнений не прибавляется.

Силовые упражнения можно выполнять не до отказа, например можно поднять груз 16 раз, а спортсмен его поднимает только 4–8 раз. В этом случае не возникает локального утомления, нет сильного закисления мышц, поэтому при многократном повторении с достаточным интервалом отдыха для устранения образующейся молочной кислоты. Возникает ситуация стимулирующая развитие митохондриальной сети в ПМВ и ГМВ. Следовательно, околосмаксимальное анаэробное упражнение дает вместе с паузами отдыха аэробное развитие мышц.

Высокая концентрация Кр и умеренная концентрация ионов водорода могут существенно изменить массу миофибрилл в промежуточных и гликолитических мышечных волокнах. В окислительных мышечных волокнах существенных изменений не происходит, поскольку в них не накапливаются ионы водорода, поэтому не происходит стимуляции генома, затруднено проникновение анаболических гормонов в клетку и ядро. Масса митохондрий при выполнении упражнений предельной продолжительности расти не может поскольку в промежуточных и гликолитических МВ накапливается значительное количество ионов водорода, которые стимулируют катаболизм в такой степени, что он превышает мощность процессов анаболизма.

Сокращение продолжительности выполнения упражнения околосмаксимальной алактатной мощности устраняет негативный эффект упражнений этой мощности

Следует заметить, что на практике использовать эти упражнения следует очень осторожно, поскольку очень легко пропустить момент начала накопления чрезмерного накопления ионов водорода в промежуточных и гликолитических МВ.

Таким образом, упражнения околосмаксимальной анаэробной мощности, выполняемые до отказа, способствуют наращиванию массы миофибрилл в промежуточных и гликолитических мышечных волокнах, а при выполнении этих упражнений до легкого утомления (закисления) мышц, в интервалах отдыха активизируется окислительное фосфорилирование в митохондриях промежуточных и гликолитических мышечных волокнах (высокопороговые двигательные единицы могут не участвовать в работе, поэтому не вся мышца прорабатывается), что в итоге приведет к росту массы митохондрий в них.

## Упражнения субмаксимальной анаэробной мощности (анаэробно — аэробной мощности)

## Внешняя сторона физического упражнения

Интенсивность сокращения мышц должна составлять 50–70 % от максимума.

Интенсивность упражнения (серии) — чередование сокращения мышц и периодов их расслабления, может составлять 10–70 %. При низкой интенсивности упражнения и околомаксимальной интенсивности (10–70 %) сокращения мышц упражнение выглядит как тренировка силовой выносливости, например, приседание со штангой или жим лежа в количестве более 16 раз.

Увеличение темпа, сокращение периодов напряжения и расслабления мышц превращает упражнения в скоростно-силовое, например, прыжки, а в борьбе используют броски манекена или партнера или упражнения из арсенала общефизической подготовки: прыжки, отжимания, подтягивания, сгибание и разгибание туловища, все эти действия выполняются с оптимальным темпом.

Продолжительность упражнений с субмаксимальной анаэробной интенсивностью как правило бывает 1–5 мин. Силовые упражнения выполняются с 16 и более повторениями в серии (подходе). Скоростно-силовые упражнения включают более 20 отталкиваний, а темповые — скоростные упражнения — 1–6 мин.

Интервал отдыха между сериями (подходами) существенно различается.

При выполнении силовых упражнений интервал отдыха превышает, как правило, 5 мин.

При выполнении скоростно-силовых упражнений иногда интервал отдыха сокращают до 2–3 мин.

При выполнении скоростных упражнений интервал отдыха может составлять 2–9 мин.

Количество серий обусловлено целью тренировки и состоянием подготовленности спортсмена. В развивающем режиме число повторений составляет 3–4 серии повторяются 2 раза.

Количество тренировок в неделю определяется целью тренировочного задания, а именно, что преимущественно надо гиперплазировать в мышечном волокне — миофибрилы или митохондрии. При общепринятом планировании нагрузок цель ставится — увеличение мощности механизма анаэробного гликолиза.

Предполагается, что длительное пребывание мышц и организма в целом в состоянии предельного закисления будто-бы должно приводить к адаптационным перестройкам в организме. Однако, до настоящего времени нет работ, которые бы прямо показали полезный эффект предельных околомаксимальных анаэробных упражнений, но имеется масса работ, которые демонстрируют резко отрицательное действие их на строение миофибрилл и митохондрий. Очень высокие концентрации ионов водорода в МВ приводят как прямому химическому разрушению структур, так и усилению активности ферментов протеолиза, которые при закислении выходят из лизосом клеток (пищеварительного аппарата клетки).

## Внутренняя сторона физического упражнения

Упражнения субмаксимальной анаэробной мощности требуют рекрутирования около половины двигательных единиц, а при выполнении предельной работы и всех оставшихся.

Это упражнения выполняются сначала за счет фосфагенов и аэробных процессов. По мере рекрутирования гликолитических накапливается лактат и ионы водорода. В окислительных мышечных волокнах по мере исчерпания запасов АТФ и КрФ разворачивается окислительное фосфорилирование.

Возможная предельная продолжительность таких упражнений колеблется от минуты до 5 минут.

Усиление деятельности вегетативных систем происходит в процессе работы постепенно. Через 20–30 с в окислительных МВ разворачиваются аэробные процессы, нарастает функция кровообращения и дыхания, которые могут достигнуть возможного максимума. Для энергетического обеспечения этих упражнений значительное усиление деятельности кислородтранспортной системы уже играет определенную энергетическую роль, причем тем большую, чем продолжительнее упражнение. Предстартовое повышение ЧСС очень значительно (до 150–160 уд/мин).

Мощность и предельная продолжительность этих упражнений таковы, что в процессе их выполнения показатели деятельности кислородтранспортной системы (ЧСС, сердечный выброс, ЛВ, скорость потребления O<sub>2</sub>) могут быть близки к максимальным значениям для данного спортсмена или даже достигать их. Чем продолжительнее упражнение, тем выше на финише эти показатели и тем значительнее доля аэробной энергопродукции при выполнении упражнения. После этих упражнений регистрируется очень высокая концентрация лактата в рабочих мышцах и крови — до 20–25 ммоль/л. Соответственно рН крови снижается до 7,0. Обычно заметно повышена концентрация глюкозы в крови — до 150 мг %, высоко содержание в плазме крови катехоламинов и гормона роста (Аулик И. В., 1990, Коц Я. М., 1990).

Таким образом, ведущие физиологические системы и механизмы, по мнению Н. И. Волкова и многих других авторов (1995), в случае использования самой простой модели энергообеспечения, — это емкость и мощность лактоцидной (гликолитической) энергетической системы рабочих мышц, функциональные (мощностные) свойства нервно-мышечного аппарата, а так же кислородо-транспортные возможности организма (особенно сердечно-сосудистой системы) и аэробные (окислительные) возможности рабочих мышц. Таким образом, упражнения этой группы предъявляют весьма высокие требования как к анаэробным, так и к аэробным возможностям спортсменов.

Если использовать более сложную модель, которая включает в себя сердечно-сосудистую систему и мышцы с различным типом мышечных волокон (ОМВ, ПМВ, ГМВ), то получим следующие ведущие физиологические системы и механизмы:

— энергообеспечение обеспечивается в основном окислительными мышечными волокнами активных мышц,

— мощность упражнения в целом превышает мощность аэробного обеспечения, поэтому рекрутируются промежуточные и гликолитические мышечные волокна, которые после рекрутирования, через 30–60 с теряют сократительную способность, что заставляет рекрутировать все новые и новые гликолитические МВ. Они закисляются, молочная кислота выходит в кровь, это вызывает появление избыточного углекислого газа, что усиливает до предела работу сердечно-сосудистой и дыхательной системы.

Внутренние, физиологические процессы разворачиваются более интенсивно в случае выполнения повторной тренировки. В этом случае в крови увеличивается концентрация гормонов, а в мышечных волокнах и крови концентрация лактата и ионов водорода, если отдых будет пассивный и коротким. Повторное выполнение упражнений с интервалом отдыха 2–4 мин приводит к предельно высокому накоплению лактата и ионов водорода в крови, как правило, число повторений не бывает больше 4.

### Долговременные адаптационные перестройки

Выполнение упражнений субмаксимальной алактатной мощности до предела относятся к одним из самых психологически напряженных, поэтому не могут использоваться часто, существует мнение о влиянии этих тренировок на форсирование приобретения спортивной формы и быстрому наступлению перетренировки.

Силовые упражнения, которые выполняются с интенсивностью 50–65 % от максимума или с 20 и более подъемами груза в одном подходе являются самыми опасными, ведут к очень сильному локальному закислению, а затем и повреждению мышц. Масса митохондрий от таких упражнений резко снижается во всех МВ [Хореллер, 1987].

Таким образом, упражнения субмаксимальной анаэробной мощности и предельной продолжительности нельзя применять в тренировочном процессе.

### Рекомендуемые упражнения

Силовые упражнения можно выполнять не до отказа, например можно поднять груз 20–40 раз, а спортсмен его поднимает только 10–15 раз. В этом случае не возникает локального утомления, нет сильного закисления мышц, поэтому при многократном повторении с достаточным интервалом отдыха для устранения образующейся молочной кислоты. Возникает ситуация стимулирующая развитие митохондриальной сети в ПМВ и некоторой части ГМВ. Следовательно, околосмаксимальное анаэробное упражнение дает вместе с паузами отдыха аэробное развитие мышц.

Высокая концентрация Кр и умеренная концентрация ионов водорода могут существенно изменить массу миофибрилл в промежуточных и некоторых гликолитических мышечных волокнах. В окислительных мышечных волокнах существенных изменений не происходит, поскольку в них не накапливаются ионы водорода, поэтому не происходит стимуляции генома, затруднено проникновение анаболических гормонов в клетку и ядро. Масса митохондрий при выполнении

упражнений предельной продолжительности расти не может, поскольку в промежуточных и гликолитических МВ накапливается значительное количество ионов водорода, которые стимулируют катаболизм в такой степени, что он превышает мощность процессов анаболизма.

Сокращение продолжительности выполнения упражнения субмаксимальной анаэробной мощности устраняет негативный эффект упражнений этой мощности.

Таким образом, упражнения субмаксимальной анаэробной мощности, выполняемые до отказа, приводят к чрезмерно большому закислению мышц, поэтому снижается масса миофибрилл и митохондрий в промежуточных и гликолитических мышечных волокнах, а при выполнении этих упражнений до легкого утомления (закисления) мышц, в интервалах отдыха активизируется окислительное фосфорилирование в митохондриях промежуточных и части гликолитических мышечных волокон, что в итоге приведет к росту массы митохондрий в них.

### Аэробные упражнения

Мощность нагрузки в этих упражнениях такова, что энергообеспечение рабочих мышц может происходить (главным образом или исключительно) за счет окислительных (аэробных) процессов, связанных с непрерывным потреблением организмом и расходом работающими мышцами кислорода. Поэтому мощность в этих упражнениях можно оценивать по уровню (скорости) дистанционного потребления  $O_2$ . Если дистанционное потребление  $O_2$  соотнести с предельной аэробной мощностью у данного человека (т. е. с его индивидуальным МПК), то можно получить представление об относительной аэробной физиологической мощности выполняемого им упражнения. По этому показателю среди аэробных циклических упражнений выделяются пять групп (Аулик И. В., 1990, Коц Я. М., 1990):

1. Упражнения максимальной аэробной мощности (95–100 % МПК).
2. Упражнения околوماксимальной аэробной мощности (85–90 % МПК).
3. Упражнения субмаксимальной аэробной мощности (70–80 % МПК).
4. Упражнения средней аэробной мощности (55–65 % МПК).
5. Упражнения малой аэробной мощности (50 % от МПК и менее).

Представленная здесь классификация не соответствует современным представлениям спортивной физиологии. Верхняя граница — МПК не соответствует данным максимальной аэробной мощности, поскольку зависит от процедуры тестирования и индивидуальных особенностей спортсмена. В борьбе важно оценить аэробные возможности мышц пояса верхних конечностей, а в дополнение к этим данным следует оценить аэробные возможности мышц нижних конечностей и производительность сердечно-сосудистой системы.

Аэробные возможности мышц принято оценивать в ступенчатом тесте по мощности или потреблению кислорода на уровне анаэробного порога.

Мощность МПК выше у спортсменов с большей долей в мышцах гликолитических мышечных волокон, которые могут постепенно рекрутироваться для обеспечения заданной мощности. В этом случае, по мере подключения гликолитических мышечных волокон, увеличения закисления мышц и крови, испытуемый начинает подключать к работе дополнительные мышечные группы, с еще не работавшими окислительными мышечными волокнами, поэтому растет потребление кислорода. Ценность такого увеличения потребления кислорода минимальна, поскольку существенной прибавки механической мощности эти мышцы не дают. Если окислительных МВ много, а ГМВ почти нет, то мощность МПК и АНП будут почти равны.

Ведущими физиологическими системами и механизмами, определяющими успешность выполнения аэробных циклических упражнений, служат функциональные возможности кислородтранспортной системы и аэробные возможности рабочих мышц (Аулик И. В., 1990, Коц Я. М., 1990).

По мере снижения мощности этих упражнений (увеличение предельной продолжительности) уменьшается доля анаэробного (гликолитического) компонента энергопродукции. Соответственно снижаются концентрация лактата в крови и прирост концентрации глюкозы в крови (степень гипергликемии). При упражнениях длительностью в несколько десятков минут гипергликемии вообще не наблюдается. Более того, в конце таких упражнений может отмечаться снижение концентрации глюкозы в крови (гипогликемия). (Коц Я. М., 1990).

Чем больше мощность аэробных упражнений, тем выше концентрация катехоламинов в крови и гормона роста. Наоборот, по мере снижения мощности нагрузки содержание в крови таких гормонов, как глюкагон и кортизол, увеличивается, а содержание инсулина уменьшается (Коц Я. М., 1990).

С увеличением продолжительности аэробных упражнений повышается температура тела, что предъявляет повышенные требования к системе терморегуляции (Коц Я. М., 1990).

### Упражнения максимальной аэробной мощности

Это упражнения, в которых преобладает аэробный компонент энергопродукции — он составляет до 70–90 %. Однако энергетический вклад анаэробных (преимущественно гликолитических) процессов еще очень значителен. Основным энергетическим субстратом при выполнении этих упражнений служит мышечный гликоген, который расщепляется как аэробным, так и анаэробным путем (в последнем случае с образованием большого количества молочной кислоты). Предельная продолжительность таких упражнений — 3–10 мин.

Через 1,5–2 мин. после начала упражнений достигаются максимальные для данного человека ЧСС, систолический объем крови и сердечный выброс, рабочая ЛВ, скорость потребления O<sub>2</sub> (МПК). По мере продолжения упражнения ЛВ, концентрация в крови лактата и катехоламинов продолжает нарастать. Показатели работы сердца и скорость потребления O<sub>2</sub> либо удерживаются на максимальном уровне (при состоянии высокой тренированности), либо начинают несколько снижаться (Аулик И. В., 1990, Коц Я. М., 1990).

После окончания упражнения концентрация лактата в крови достигает 15–25 ммоль/л в обратной зависимости от предельной продолжительности упражнения (спортивного результата) (Аулик И. В., 1990, Коц Я. М., 1990).

Ведущие физиологические системы и механизмы — общие для всех аэробных упражнений, кроме того, существенную роль играет мощность лактаcidной (гликолитической) энергетической системы рабочих мышц.

Упражнения предельной продолжительности максимальной аэробной мощности могут применять в тренировки только спортсмены с мощностью АНП на уровне более 70 % от МПК. У этих спортсменов не наблюдается сильного закисления МВ и крови, поэтому в промежуточных и части гликолитических МВ создаются условия для активизации синтеза митохондрий.

Если у спортсмена мощность АНП менее 70 % от МПК, то использовать упражнения максимальной аэробной мощности можно только в виде повторного метода тренировки, который при правильной организации не приводит к вредному закислению мышц и крови спортсмена.

#### Долговременный адаптационный эффект

Упражнения максимальной аэробной мощности требуют рекрутирования всех окислительных, промежуточных и некоторой части гликолитических МВ, если выполнять упражнения неопредельной продолжительности, применить повторный метод тренировки, то тренировочный эффект будет отмечаться только в промежуточных и некоторой части гликолитических МВ, в виде очень малой гиперплазии миофибрилл и существенном увеличении массы митохондрий в активных промежуточных и гликолитических МВ.

#### Упражнения околомаксимальной аэробной мощности

Упражнения околомаксимальной аэробной мощности на 90–100 % обеспечиваются окислительными (аэробными) реакциями в рабочих мышцах. В качестве субстратов окисления используются в большей мере углеводы, чем жиры (дыхательный коэффициент около 1,0). Главную роль играют гликоген рабочих мышц и в меньшей степени — глюкоза крови (на второй половине дистанции). Рекордная продолжительность упражнений до 30 мин. В процессе выполнения упражнений ЧСС находится на уровне 90–95 %, ЛВ — 85–90 % от индивидуальных максимальных значений. Концентрация лактата в крови после предельного упражнения у высококвалифицированных спортсменов — около 10 ммоль/л. В процессе выполнения упражнения происходит существенное повышение температуры тела — до 39 (Аулик И. В., 1990, Коц Я. М., 1990).

Упражнение выполняется на уровне анаэробного порога или немного выше его. Поэтому работают окислительные мышечные волокна и промежуточные. Упражнение приводит к увеличению массы митохондрий только в промежуточных МВ.

#### Упражнения субмаксимальной аэробной мощности



Упражнения субмаксимальной аэробной мощности выполняется на уровне аэробного порога. Поэтому работают только окислительные мышечные волокна. Окислительному расщеплению подвергаются жиры в ОМВ, углеводы в активных промежуточных МВ (дыхательный коэффициент примерно 0,85–0,90). Основными энергетическими субстратами служат гликоген мышц, жир рабочих мышц и крови, и (по мере продолжения работы) глюкоза крови. Рекордная продолжительность упражнений — до 120 мин. На протяжении упражнения ЧСС находится на уровне 80–90 %, а ЛВ — 70–80 % от максимальных значений для данного спортсмена. Концентрация лактата в крови обычно не превышает 3 ммоль/л. Она заметно увеличивается только в начале бега или в результате длительных подъемов. На протяжении выполнения этих упражнений температура тела может достигать 39–40.

Ведущие физиологические системы и механизмы — общие для всех аэробных упражнений. Продолжительность зависит в наибольшей мере от запасов гликогена в рабочих мышцах и печени, от запаса жира в окислительных мышечных волокон активных мышц (Аулик И. В., 1990, Коц Я. М., 1990).

Существенного изменений в мышечных волокнах от таких тренировок не происходит. Эти тренировки могут использоваться для дилатации левого желудочка сердца, поскольку ЧСС составляет 100–150 уд/мин, т. е. с максимальным ударным объемом сердца.

#### Упражнения средней аэробной мощности

Упражнения средней аэробной мощности обеспечивается аэробными процессами. Основным энергетическим субстратом служат жиры рабочих мышц и крови, углеводы играют относительно меньшую роль (дыхательный коэффициент около 0,8). Предельная продолжительность упражнения — до нескольких часов

Кардиореспираторные показатели не превышают 60–75 % от максимальных для данного спортсмена. Во многом характеристики этих упражнений и упражнений предыдущей группы близки (Аулик И. В., 1990, Коц Я. М., 1990).

#### Упражнения малой аэробной мощности

Упражнения малой аэробной мощности обеспечивается за счет окислительных процессов, в которых расходуются главным образом жиры и в меньшей степени углеводы (дыхательный коэффициент менее 0,8). Упражнения такой относительной физиологической мощности могут выполняться в течение многих часов. Это соответствует бытовой деятельности человека (ходьба) или упражнения в системе занятий массовой или лечебной физической культурой.

Таким образом, упражнения средней и малой аэробной мощности не имеют существенной значимости для роста уровня физической подготовленности, однако они могут использоваться в паузах отдыха для увеличения потребления кислорода, для более быстрого устранения закисления крови и мышц.

## Биологически целесообразная классификация нагрузок

Классификация явлений может выполняться по внешним (не существенным) признакам и по смыслу (существенным). В настоящее время имеется множество классификаций физических упражнений по внешним признакам: циклические и ациклические; алактатные, гликолитические, смешанные, аэробные; максимальные, субмаксимальные, большой и умеренной мощности и др.

В ТФП при выполнении классификации упражнений с точки зрения их нагрузки на органы в качестве классификационного признака следует выбрать объем и-РНК, обуславливающий процесс гиперплазии определенных органелл в клетках органов, которые наиболее активно функционируют во время упражнения и периода восстановления. Для решения этой задачи необходимо иметь концептуальную и математическую модель организма человека.

Концептуальная модель необходима для умозрительного (мысленного) имитационного моделирования (УИМ) хода адапционных процессов, для качественной оценки результатов воздействия физического упражнения на системы, органы, на клеточные структуры, а также количественной экспертной оценки степени такого воздействия. (Учеба в ИФК — это есть подготовка квалифицированных экспертов). Математическая модель должна использоваться как критерий истинности умозаключений. Таким образом, ТФП должна включать методику оценки степени влияния физических упражнений на системы и органы, то есть классификацию степени воздействия основных видов физических упражнений на системы и органы спортсмена, а также доказательство адекватности мышления, благодаря применению математического имитационного моделирования и результатов прямых измерений, взятых из исследований смежных, биологических наук.

Методика оценки влияния физического упражнения на ход адапционных процессов включает:

- 1) Мысленную модель организма человека, объединяющую знания по анатомии, биохимии, гистологии, физиологии и биомеханике, конкретную информацию о данном спортсмене.
- 2) Полное описание упражнения: интенсивность, продолжительность, интервал отдыха между подходами, количество серий упражнений.
- 3) Мысленную имитацию упражнений, то есть описание хода биохимических и физиологических процессов.
- 4) Экспертная оценка количества образованной и-РНК в различных клетках с учетом специфики их влияния на синтез определенных органелл.

Приведем пример анализа физического упражнения. Предположим выполняется упражнение с максимальной алактатной мощностью (МAM), интенсивность — 100 %, до снижения мощности на 10 %; интервал активного (5 % МAM) отдыха — 30 секунд; этот цикл повторяется три раза.

Максимальная интенсивность требует рекрутирования в основных мышечных группах рекрутирования всех ДЕ. Во всех МВ начинается расход АТФ на мышечное сокращение. В ходе сокращения и расслабления запасы АТФ пополняются за счет КрФ, поэтому длительность упражнения до отказа зависит от соотношения в цикле движения периодов сокращения и расслабления. Известно, что длительность изометрического напряжения мышцы не превышает 6 с, педалирование на велоэргометре с сопротивлением 130 Н составляет 7,6 с, с сопротивлением 55 Н — 10 с, без сопротивления — 25 с.

Запасы КрФ определяют продолжительность выполнения упражнения и при снижении запасов до 50 % мощность резко снижается. В МВ образуется свободный креатин и неорганический фосфат (Ф). Это стимулирует анаэробный гликолиз в БМВ и аэробный гликолиз в ММВ, поэтому по ходу упражнения и в интервалах отдыха запасы КрФ пополняются, однако не полностью, поскольку мощность этих процессов в 2–3 раза меньше максимальной мощности энергообеспечения мышечного сокращения.

Повторное упражнение выполняется с меньшей мощностью, отказ происходит при большем исчерпании запасов КрФ. В БМВ образуется лактат и Н добавляются к уже накопленному, выходят в кровь, ионы Н взаимодействуют с буферными системами крови, что вызывает образование неметаболического  $\text{CO}_2$ , который действует на хеморецепторы сосудов (приводит к их расширению), каротидных тел и дыхательного центра (приводит к усилению дыхания и активизации работы сердца).

За три цикла (упражнение — интервал отдыха) свободный креатин и повышенная концентрация ионов Н будут сохраняться в клетках БМВ 100–120 с. В это время Кр и Н проникают в ядра. Кр активизирует деятельность ядерных митохондрий, ускоряет транскрипцию, Н вызывает либерализацию мембран, разрывает электростатические связи в белковых молекулах, в том числе и в ДНК, все это облегчает доступ к наследственной информации гормонов. Следовательно, в ходе такой серии и в течении 60 с после нее идет активный синтез РНК. В дальнейшем это обеспечивает синтез миофибрилл, саркоплазматического ретикулума. Продолжительность жизни и-РНК ограничивается минутами, поэтому для поддержания образования и-РНК необходимо выполнять несколько серий упражнений.

В ОМВ уже после первого упражнения интенсифицируются аэробные процессы, поэтому в них имеется свободный Кр, однако концентрация ионов Н минимальна, поскольку аэробные процессы сопряжены с поглощением ионов Н. Поэтому в ММВ не могут активизироваться процессы транскрипции.

За время упражнения в БМВ и в крови накопится достаточно большое количество ионов Н и лактата, однако этот процесс будет продолжаться и после серии, поскольку ресинтез КрФ в БМВ будет идти за счет анаэробного гликолиза.

Для определения степени воздействия, описанной тренировки на образование и-РНК, следует учитывать, что любое физическое упражнение в той или иной степени вовлекает в работу все системы и органы, однако известно, что наиболее интенсивно функционируют скелетные мышцы, сердечно-сосудистая, дыхательная, эндокринная

системы. В каждой клетке органов этих систем можно выделить три основные (с точки зрения активности в выполнении физического упражнения) системы органелл:

- 1) Миофибриллы с саркоплазматическим ретикулумом.
- 2) Митохондриальные системы, миоглобин и коррелирующая с массой этих органелл капилляризация мышечного волокна.
- 3) Энергетические ресурсы клетки, и прежде всего гликоген.

С учетом этих замечаний предлагается классификационная таблица. Она содержит «графы»: орган, клетка, органелла, упражнение. В графе «орган» перечислены все основные органы, обеспечивающие физическую активность. В списке отсутствует ЦНС, так как предполагается, что упражнения выполняются с использованием автоматизированного двигательного навыка, а также предлагается рассматривать проблемы адаптации структур ЦНС в теории технической подготовки. В графе «клетка» указаны названия клеток соответствующих органов систем. Заметим, что при активации мышцы сердца в сократительном акте участвуют все его клетки-миокардиоциты, иная ситуация возникает при активации диафрагмы или скелетных мышц. Для этих органов предлагается более детальная классификация по видам мышечных клеток (быстрые, медленные и промежуточные), с учетом известного правила рекрутирования мышечных волокон. Сложности возникают при классификации нагрузок, влияющих на эндокринную и иммунную системы. Эти системы имеют множество органов со своими специфическими реакциями на физические упражнения. Чтобы классификация была удобной для практического использования, решили объединить две системы. При этом руководствовались следующим: физические упражнения способствующие гипертрофии и митозу клеток органов (желез) эндокринной системы, должны активизировать размножение стволовых клеток в костном мозге, а также в других органах иммунной системы.

Такая связь необходима, поскольку повышение функциональных возможностей эндокринной системы создает благоприятный фон для хода анаболических процессов во всех тканях, в том числе и в органах иммунной системы. Для достижения определенности в мышлении в качестве объекта умозрительного моделирования (или математического) были взяты надпочечники — железы, в клетках которых в эндоплазматической сети вырабатывается около 50 гормонов, среди которых кортикостероиды (ответственны за адаптацию к воздействиям окружающей среды), андрогены и эстрогены (обладают анаболическим эффектом). Гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая система ответственна за развитие общего адаптационного синдрома.

Проведем классификацию физических нагрузок на клетки органов при выполнении физического упражнения: (И = 100 %; П = 10 с; ИО = 30 с)×3 раза.

Заполним классификационную таблицу. Сердце в таком упражнении функционирует с максимальной ЧСС только после второго подхода. Удерживается такое состояние в интервале отдыха, при выполнении третьего упражнения и еще до 60-й с отдыха после серии. Следовательно, с максимальной ЧСС сердце функционирует 110 с. При максимальной ЧСС наблюдается «дефект» диастолы, то есть кровь

поступающая в миокард во время диастолы из-за малого времени ее не успевает принести столько кислорода, чтобы обеспечить полностью кислородный запрос миокарда. Гипоксия ведет к развитию анаэробного гликолиза, появлению в миокардиоцитах как свободного Кр так и увеличению концентрации ионов Н, следовательно, должна интенсивнее пойти транскрипция с образованием РНК. Это дает основание к записи в первой строке таблицы — продолжительность (П) образования и-РНК 110 с для последующего синтеза миофибрилл и саркоплазматического ретикулума в миокардиоцитах.

Эффективность упражнения — это степень влияния внутренних процессов на образование и-РНК и разрушение ионами Н органелл клетки. Эффективность может изменяться в диапазоне от 1 (максимально эффективное упражнение для данной органеллы) до — 1 (максимально деструктивное воздействие ионов водорода на органеллы клетки).

В нашем случае можно принять эффективность равную 1 только 110 с упражнения. Результат (Р) выполнения такой тренировки будет равен:

$$P = П \times Э = 110 \times 1 = 110 \text{ с.}$$

Митохондрии в сердце интенсивно «дышат» в ходе всего упражнения — 180 с. Однако эффективность упражнения, то есть гиперплазия митохондрий в миокардиоцитах прямо связана со степенью гиперплазии миофибрилл.

Поэтому предлагается вписать в таблицу только то время, которое было полезно для гиперплазии миофибрилл. Учитывая такую тесную завязку между структурными перестройками, можно упростить таблицу и в строке напротив сердца оставить только одну строчку (в графе органелла) — МФ + СПР + МХ + МГ + К, то есть тренировка для увеличения степени гиперплазии миофибрилл в миокардиоцитах неизбежно в дальнейшем вызовет (согласно теории симморфоза) гиперплазию других структур: саркоплазматического ретикулума, митохондрий, миоглобина, капилляров и др. Гликоген в миокардиоцитах тратится, но при появлении лактата в крови экзогенный источник энергии имеет преимущественное значение.

Следовательно запишем, что сердце интенсивно функционировало 180 с, эффективность затрат гликогена в сердце равна 0, как и результат воздействия. Учитывая то, что аналогичная ситуация будет в большинстве случаев тренировочных упражнений упростим таблицу В новой таблице исключим строку «Гликоген» в графе «Органелла».

Диафрагма, как и сердце, функционирует с максимальной интенсивностью 110 с, гипоксического состояния в МВ-1 (регулярно рекрутируемых МВ) не возникает. Поэтому запишем в строке МФ + СПР: продолжительность — 180 с, эффективность — 0 (так как не имеется в саркоплазме повышенной концентрации ионов Н), результат — 0; в строке МХ+МГ+К: продолжительность — 180 с, эффективность — 0 (так как видимо имеется полное соответствие между количеством миофибрилл и массой митохондрий), результат — 0; в строке гликоген: продолжительность 180 с, эффективность — 0 (так как используется глюкоза и лактат крови), результат — 0.

Несколько иначе идут процессы в МВ-2 диафрагмы, которые рекрутируются только при около- или максимальной легочной вентиляции. В связи с тем, что эти МВ-2 редко активируются, мощность окислительного фосфорилирования пирувата меньше скорости его продукции в ходе гликолиза. Поэтому в МВ-2 создаются условия (Кр и Н) необходимые для гиперплазии миофибрилл и митохондрий, накопления гликогена, тогда можно записать для МФ, МХ, и гликогена:  $\Pi = 110$  с,  $\Theta = 1$ ;  $P = 110$  с.

Эндокринная система (надпочечники) при максимальной физической активности выбрасывает в кровь предельное количество гормонов, поэтому в таблицу записываем чистое время трех упражнений  $\Pi = 3 \times 10$  с = 30 с, а эффективность

определяем из простой формулы  $\Theta = I \times I = 1 \times 1 = 1$  (в другом случае, например при интенсивности упражнения на уровне МПК или 0,4 эффективность составит  $\Theta = 0,4 \times 0,4 = 0,16$ ).

Квадратическая зависимость хорошо описывает связь между мощностью упражнения и концентрацией гормонов в крови (например, адреналина или норадреналина).

В мышцах, выполняющих механическую работу с максимальной физиологической активностью, с ритмическим сокращением и расслаблением мышц имеется хорошее кровоснабжение (сердцу помогает мышечный насос), поэтому в ОМВ после снижения концентрации КрФ интенсифицируется окислительное фосфорилирование, благодаря которому метаболизируются (в воду) как собственные ионы Н, так и поступающие из крови. В ПМВ возможно некоторое накопление ионов водорода, а в ГМВ в ходе упражнения и, особенно, в интервалах отдыха. Напомним, что и-РНК должна активно образовываться лишь при сочетании высоких концентраций в МВ свободных Кр и Н, поэтому в таблицу можно записать: МФ + СПР ММВ  $\Pi = 180$  с,  $\Theta = 0$ ,  $P = 0$ ; МФ + СПР ПМВ  $\Pi = 180$  с,  $\Theta = 0,5$ ,  $P = 90$  с; МФ БМВ  $\Pi = 180$  с,  $\Theta = 1$ ,  $P = 180$  с.

В ММВ митохондрии могут образовываться только около новых миофибрилл, поэтому записываем МХ + МГ + К ММВ  $\Pi = 180$  с,  $\Theta = 0$ ,  $P = 0$ . В ПМВ можно записать:  $\Pi = 180$  с,  $\Theta = 1$ ,  $P = 180$  с.

В ГМВ резко возрастает концентрация Н, что, как известно, приводит к набуханию митохондрий, исчезновению крист, потере функциональных возможностей, поэтому следует записать так:  $\Pi = 180$  с,  $\Theta = -0,5$  (так как степень закисления еще не предельная),  $P = -90$  с. Из этой записи видно, что упражнение должно отрицательно сказаться на аэробных возможностях БМВ.

Гликоген — субстрат метаболизма во всех МВ, поэтому он тратится, и в ходе восстановления можно ожидать сверхвосстановления.

Таким образом, заполненная таблица показывает, какие системы и органы задействованы в работе и какова степень воздействия, обеспечивающая образование и-РНК, наличие которой обеспечит в ходе восстановления развитие долгосрочных адаптационных процессов (сверхвосстановления), гиперплазию органелл в клетках.

Для приобретения навыков умозрительного имитационного моделирования (физиологического мышления) необходимо регулярно упражняться. В качестве критерия могут выступать некоторые экспериментальные данные из спортивной физиологии или биохимии, но такое сравнение требует значительного количества информационного материала, поэтому большими перспективами и возможностями обладает математическое имитационное моделирование, в ходе которого удастся проследить за большинством биохимических и физиологических процессов как в отдельных МВ, так и в мышце в целом.

## Заключение

Современные представления о биоэнергетике мышечной деятельности свидетельствуют о том, что основным механизмом закисления мышечных волокон является недовосстановление запасов молекул АТФ в мышечных волокнах. В окислительных мышечных волокнах избыток ионов водорода поглощается митохондриями. В гликолитических мышечных волокнах митохондрий мало, нет механизмов для элиминации ионов водорода, поэтому происходит накопление ионов водорода и лактата, работоспособность их падает по мере закисления. Для роста локальной мышечной выносливости следует увеличить в гликолитических мышечных волокнах массу митохондрий, т. е. преобразовать сначала в промежуточные мышечные волокна, а затем и в окислительные.

Мощность и продолжительность физического упражнения вызывают срочные адаптационные процессы в организме спортсменов. Анализ упражнений различной метаболической мощности показал, что наиболее эффективными для роста массы миофибрилл являются упражнения максимальной, околомаксимальной и субмаксимальной анаэробной мощности. Эффект влияния этих упражнений связан с появлением в гликолитических мышечных волокнах свободного креатина, ионов водорода и увеличением концентрации анаболических гормонов в крови и мышечных волокнах. Однако, выполнение упражнений околомаксимальной и субмаксимальной анаэробной мощности предельной продолжительности вызывает столь сильное закисление мышечных волокон, что это приводит к разрушению миофибрилл и митохондрий, потере спортивной формы.

Классификация физических упражнений по интенсивности метаболических процессов недостаточна для относительно полного представления о типах упражнений, которые могут использоваться в различных видах спорта. классификация охватывает значительно больший объем пространства возможных физических упражнений, если производить классификацию по внешним признакам (интенсивность сокращения мышц, интенсивность упражнения, продолжительность упражнения, интервал отдыха, количество повторений и количество тренировок в микроцикле), по внутренним срочным адаптационным процессам (мышцы участвующие в упражнении, рекрутированные мышечные волокна, активность биохимических процессов в окислительных, промежуточных и гликолитических мышечных волокнах, реакция сердечно-сосудистой и дыхательной систем, эндокринной системы), по результатам долговременных адаптационных процессов (гиперплазия миофибрилл, митохондрий в гликолитических, промежуточных и окислительных мышечных волокон).

Пространство всех возможных средств физической подготовки, например, в борьбе можно разделить на три пространства:

### I. Эффективные упражнения физической подготовки борцов.

1.1 Динамические, максимальной анаэробной мощности, предельной продолжительности (до отказа), способствуют росту миофибрилл в промежуточных и гликолитических МВ.



1.2 Статодинамические, максимальной анаэробной мощности, предельной продолжительности (до боли), способствуют росту миофибрилл в окислительных и промежуточных мышечных волокнах.

1.3 Динамические и статодинамические упражнения максимальной алактатной мощности, непредельной продолжительности (менее  $\frac{1}{2}$  от предела), выполняются до легкого локального утомления мышц, повторяются после устранения избыточного закисления мышц, способствуют некоторому увеличению массы миофибрилл и росту массы митохондрий в гликолитических и промежуточных мышечных волокнах.

1.4 Динамические упражнения околосредней анаэробной мощности, непредельной продолжительности (менее  $\frac{1}{2}$  от предела), выполняются до легкого локального утомления мышц, повторяются после устранения избыточного закисления мышц, способствуют некоторому увеличению массы миофибрилл и росту массы митохондрий в гликолитических и промежуточных мышечных волокнах.

1.5 Динамические упражнения субмаксимальной анаэробной мощности, непредельной продолжительности (менее  $\frac{1}{2}$  от предела), выполняются до легкого локального утомления мышц, повторяются после устранения избыточного закисления мышц, способствуют некоторому увеличению массы миофибрилл и росту массы митохондрий в гликолитических и промежуточных мышечных волокнах.

## II. Вредные для физической подготовленности борцов.

Все виды упражнений околосредней, субмаксимальной анаэробной мощности и максимальной аэробной мощности предельной продолжительности, вызывающие закисление мышц и крови (рН мене 7,1; лактата более 15 мм/л)

## III. Малоэффективные для физической подготовленности борцов.

Все остальные средства и методы, в частности, субмаксимальной, большой, средней и малой аэробной мощности.