

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА»

АНАТОМО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ В СПОРТЕ

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве методических указаний*

САМАРА
Издательство СГАУ
2009

Одной из наиболее важных наук, используемых для физического воспитания и спорта, является физиология человека. Раздел физиологии человека, который служит целям физического воспитания и спорта, называется физиологией спорта. Физиология спорта занимается вопросами начального обучения спортивной технике и воспитания физических качеств человека, а также вопросами спортивного совершенствования.

В данных методических указаниях рассматриваются вопросы строения человеческого организма и, в частности, мышечной системы, функциональные взаимодействия между мышцами при различных движениях частей тела человека, влияния физических упражнений на силовые способности человека, вопросы методического характера по воспитанию силовых способностей спортсменов с учетом специфики вида спорта.

Методические указания могут быть полезны студентам нефизкультурных вузов при освоении теоретического раздела программы учебной дисциплины «Физическая культура», в частности тем «Социально-биологические основы физической культуры» и «Общая и специальная подготовка в системе физического воспитания». Методические указания могут быть полезны также учащимся старших классов средних общеобразовательных школ, средних специальных учебных заведений, преподавателям физического воспитания и всем, кто интересуется вопросами физической культуры и спорта.

1. СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОРГАНИЗМА

В процессе исторического развития в организме человека возникают структурные элементы: *клетки, ткани, органы*. Последние объединяются в *системы и аппараты*.

Несмотря на то что в составе тела человека можно выделить отдельные структурные элементы, характеризующиеся рядом признаков, организм человека представляет собой единое целое. Целостность организма состоит в том, что в процессе жизнедеятельности достигается согласованная работа всех структурных компонентов, направленная на поддержание жизни индивидуума и сохранение человека как вида.

Клетка и ее строение

Самой элементарной структурой человеческого тела является *клетка*. Из клеток построены все составные компоненты человеческого тела. На уровне клеток осуществляются те процессы *ассимиляции* (усвоения веществ) и *диссимиляции* (разложения веществ), которые лежат в основе жизнедеятельности организма.

Клетка состоит из *цитоплазмы* и *ядра*. Снаружи клетка окружена оболочкой, называемой *цитолеммой* или *плазмолеммой*.

Цитолемма представляет собой элементарную биологическую мембрану, которая имеет три слоя: наружный и внутренний, состоящие из белковых молекул, и средний, липидный слой. Клеточная оболочка является полупроницаемой и регулирует обмен веществ между клеткой и окружающей ее средой. Проникновение веществ в клетку, а также выделение из клетки в окружающую среду осуществляется с помощью различных механизмов, среди которых: свободная диффузия, осмос, активный транспорт против градиента концентрации веществ, *фагоцитоз*, *пиноцитоз*. Фагоцитоз – это процесс поглощения клеткой плотных частиц из окружающей среды, в основе которого лежит обволакивание частиц клеточной оболочкой и увлечение их внутрь клетки. Пиноцитоз – это одна из разновидностей фагоцитоза, связанная с поглощением жидких веществ.

Ядро клетки располагается в центре клетки. Функциональное назначение ядра преимущественно связано с хроматином, в котором сосредоточена ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота), играющая важнейшую роль в хранении и передаче генетического кода в ряду клеточных поколений.

Цитоплазма состоит из *гялоплазмы*, представляющей собой относительно жидкую часть клетки, состоящую из *белков, органелл* (специализированные клеточные структуры) и различных *включений*.

Среди органелл общего значения, т.е. обслуживающих общие функции клеток, выделяют: *цитоплазматическую сеть, рибосомы, митохондрии, пластинчатый комплекс, центросому, лизосомы*.

Ткани

Ткань – это исторически сложившаяся система клеток, обладающая общностью происхождения, строения и специализировавшихся на выполнение определенных функций.

Имеется несколько классификаций тканей. Ниже ткани классифицируются по функциональному признаку.

Группа *пограничных тканей* объединяет *эпителиальные ткани* различного происхождения и назначения. Они покрывают поверхность тела, выстилают полости внутренних органов и тем самым выполняют защитную функцию. Наряду с этим эпителиальные ткани активно участвуют в обмене веществ организма благодаря хорошо выраженной способности всасывать и выделять вещества. Часть эпителиальных клеток специализируется на выделении секрета и составляет так называемый железистый эпителий.

Характерной особенностью эпителия является объединение эпителиальных клеток в *пласты*. Под эпителием всегда располагается хорошо выраженная *базальная мембрана*, которая ограничивает его от других тканей.

К группе *тканей внутренней среды* относятся кровь и лимфа, различные виды соединительной ткани, хрящевая и костные ткани. Ткани внутренней среды преимущественно выполняют опорно-трофическую функцию. Характерная морфологическая особенность этих тканей состоит в наличии *межклеточного вещества*, которое продуцируется клетками.

Группа *мышечных или сократительных тканей* выполняет в организме специфическую сократительную функцию. К этой группе относят *гладкую мышечную ткань*, обеспечивающую сокращение и перистальтику внутренних органов, и *поперечно-полосатую мышечную ткань*, из которой построены скелетные мышцы. Морфологическим субстратом мышечного сокращения являются специальные структуры – *миофибриллы*, расположенные в мышечных клетках.

Следующую группу составляет *нервная ткань*, из которой построена вся нервная система. Основная функция нервной ткани связана с воспри-

ятием, проведением и передачей нервного возбуждения. Нервная ткань состоит из *нервных клеток* и *нейроглии*. Нейроглиальные клетки выполняют вспомогательную роль, связанную с питанием нервных клеток.

Органы, системы, аппараты

Орган (от греч. $\sigma\upsilon\gamma\alpha\pi\omicron\upsilon$ – орудие) – анатомически обособленная часть организма, исторически возникшая как единое целое образование, специализировавшееся на выполнении определенных функций.

Органы как отдельные компоненты включены в *системы организма*. Система представляет собой совокупность однородных анатомических образований, имеющих общее происхождение и выполняющих единую функцию в организме. Таковыми являются *костная, мышечная, кровеносная, лимфатическая и нервная системы*.

Аппарат – это совокупность органов или систем органов, имеющих различное строение и происхождение, но выполняющих общую функцию в организме. Различают *двигательный аппарат*, состоящий из костной и мышечной систем, *пищеварительный, дыхательный, мочеполовой аппараты*.

В настоящем учебном пособии рассматриваются строение и функционирование поперечно-полосатой мышечной ткани, мышечной системы и двигательного аппарата.

Части тела человека. Плоскости симметрии тела и оси вращения

Тело человека подразделяют на отделы: голова, шея, туловище, верхние и нижние конечности. В состав туловища включают: спину, грудь, живот, таз; в состав верхней конечности – плечо, предплечье, кисть; в состав нижней конечности – бедро, голень, стопу.

Для описания частей тела и местоположения органов в анатомии используются специальные плоскости, которые делят тело на симметричные части.

Сагитальная плоскость разделяет тело человека (его части) на левую и правую половины (отделы). Относительно сагитальной плоскости различают зеркальную симметрию левой и правой половины тела. Сагитальную плоскость, проходящую через середину тела, называют *срединной плоскостью*.

Горизонтальная плоскость пересекает тело поперечно, разделяя его на головной и хвостовой отделы.

Фронтальная плоскость делит тело и его части на передний (вентральный) и задний (дорзальный) отделы. У человека симметрия тела относительно фронтальной плоскости принимается условно.

Все плоскости симметрии располагаются взаимно перпендикулярно. В результате пересечения двух плоскостей образуется *ось симметрии*, или *ось вращения*. При пересечении сагитальной и фронтальной плоскостей образуется *вертикальная ось*. При вращении звена тела вокруг вертикальной оси его движение происходит строго в горизонтальной плоскости. *Сагитальная ось* образуется при пересечении горизонтальной и сагитальной плоскостей. При вращении звена тела вокруг сагитальной оси движение происходит строго во фронтальной плоскости. *Поперечная ось* образуется при пересечении фронтальной и горизонтальной плоскостей. При вращении звена тела вокруг поперечной оси движение осуществляется в сагитальной плоскости.

Анатомическая терминология. Анатомические термины служат для обозначения и описания отдельных анатомических образований.

Наиболее часто употребляемыми в учебном пособии анатомическими терминами являются: *дистальный* (более удаленный, лежащий дальше от сердца); *дорзальный* (спинной, тыльный); *латеральный* (боковой); *медиальный* (ближе к середине, лежащий ближе к срединной плоскости); *проксимальный* (более близкий, лежащий ближе к сердцу); *вентральный* (брюшной, передний); *ротация* (вращение); *пронация* (поворот внутрь); *супинация* (поворот наружу); *циркумдукция* (круговое движение).

В учебном пособии имеются условные обозначения: в подписи к рисункам слово *мышца* обозначается буквой «м».

2. СТРОЕНИЕ МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Мышечная система составляет активную часть двигательного аппарата. Благодаря способности к сокращению, мышцы приводят в движение костные звенья скелета, в результате чего происходит перемещение тела в пространстве.

Мышцы сокращаются под влиянием нервных импульсов, поступающих из центральной нервной системы. У человека насчитывается около 400 мышц. Основные мышечные группы показаны на рис. 1.

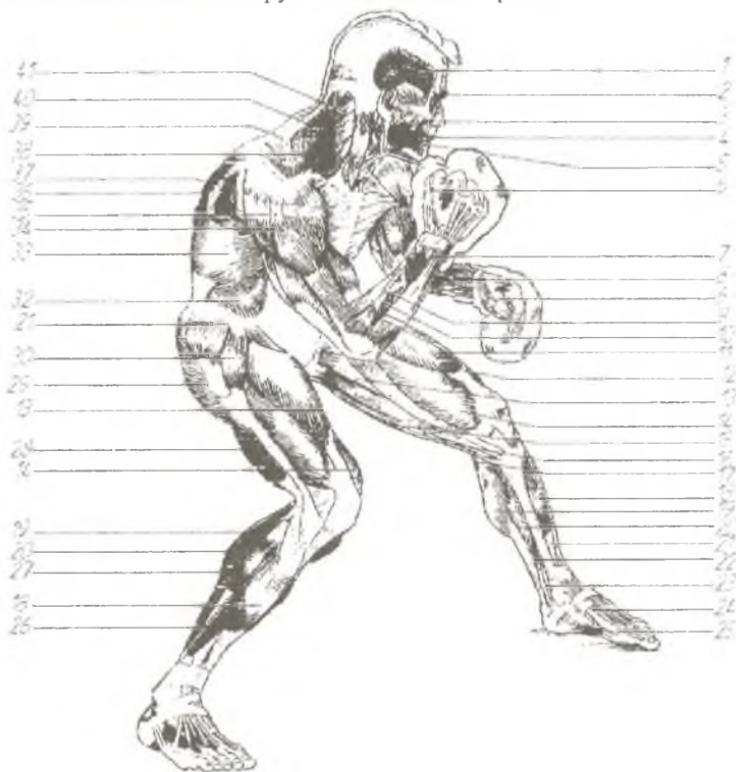


Рис. 1. Общий вид мышечной системы

На рис. 1 показан боксер в положении подготовки к удару правой: 1 – височная м.; 2 – круговая м. глаза; 3 – жевательная м.; 4 – щечная м.; 5 – круговая м. рта; 6 – длинный разгибатель большого пальца; 7 – разгибатель пальцев; 8 – лучевой сгибатель запястья; 9 – плечелучевая м.; 10 – длинный лучевой разгибатель запястья; 11 – короткий лучевой разгибатель запястья; 12 – пря-

мая м. бедра; 13 – длинная приводящая м.; 14 – медиальная широкая м. бедра; 15, 16 – полусухожильная м.; 17 – тонкая м.; 18 – передняя большеберцовая м.; 19 – икроножная м.; 20 – камбаловидная м.; 21 – длинный разгибатель пальцев; 22 – длинный сгибатель пальцев; 23 – задняя большеберцовая м.; 24 – длинный разгибатель большого пальца; 25 – м., отводящая большой палец; 26 – короткая малоберцовая м.; 27 – длинная малоберцовая м.; 28 – двуглавая м. бедра; 29 – большая ягодичная м.; 30 – напрягатель широкой фасции; 31 – средняя ягодичная м.; 32 – наружная косая м. живота; 33 – широчайшая м. спины; 34 – большая круглая м.; 35 – дельтовидная м.; 36 – нижний угол лопатки; 37 – подостная м.; 38 – лестничная м.; 39 – трапециевидная м.; 40 – м., поднимающая лопатку; 41 – ременная м. головы (ориг. М.Ф.Иваницкого)

2.1. Строение мышцы как органа

Скелетная мышца – это активный орган движения, построенный из многих тканей, главной из которых является *поперечно-полосатая* мышечная ткань. В состав мышцы входят также плотная и рыхлая соединительная ткань, сосуды, нервы. Основное свойство мышцы как органа состоит в том, что она способна сокращаться и изменять при этом свои размеры. Это свойство мышцы обусловлено особенностями поперечно-полосатой мышечной ткани.

Структурной и функциональной единицей скелетной мышечной ткани является *поперечно-полосатое мышечное волокно*, представляющее собой многоядерное образование, называемое *симпластом* (рис. 2).

Поперечно-полосатое мышечное волокно содержит полный набор *органелл* общего значения, обеспечивающих естественные процессы питания и синтеза белков. В *митохондриях* накапливается энергия, необходимая для сокращения мышечного волокна. *Цитоплазматическая сеть* участвует в синтезе специальных белков, обеспечивающих сокращение мышечного волокна.

На поперечном сечении мышечное волокно может иметь различный цвет. Он зависит от количества мышечного пигмента – *миоглобина* в саркоплазме мышечного волокна: если содержание миоглобина большое, то волокно имеет красно-бурый цвет; если миоглобина небольшое количество, то – бледно-красный. Поэтому в зависимости от содержания миоглобина различают *белые* и *красные мышечные волокна*. Гистологический анализ показал, что белые мышечные волокна характеризуются преимущественно анаэробным (без участия кислорода) типом обмена веществ, а красные мышечные волокна – аэробным (окислительным, с участием кислорода). У человека почти в каждой мышце содержатся белые и красные мышечные волокна, а также волокна слабо пигментированные (рис. 3).

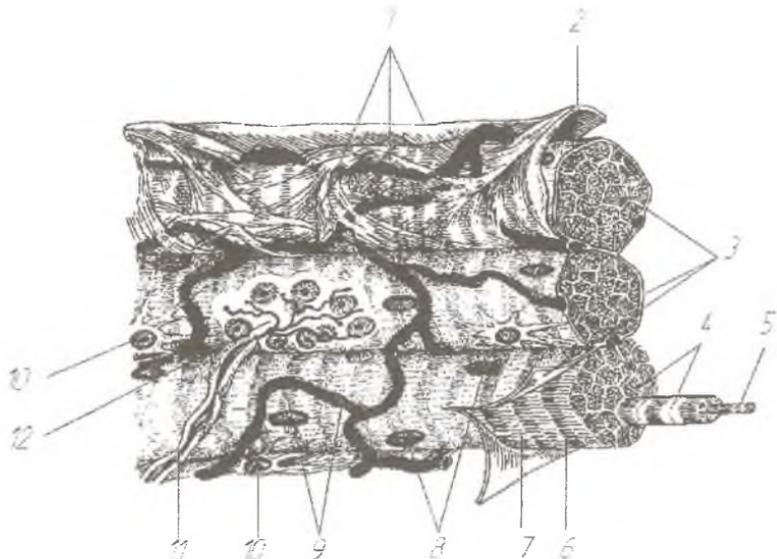


Рис. 2. Поперечно-полосатая мышечная ткань:

- 1 – эндомизий; 2 – мышечные волокна; 3 – сарколемма; 4 – пучки миофибриллы;
 5 – миофибрилла; 6 – анизотропный диск; 7 – изотропный диск; 8 – мышечные ядра;
 9 – кровеносные капилляры; 10 – соединительно-тканые клетки эндомизия;
 11 – моторное нервное волокно; 12 – моторное нервное окончание

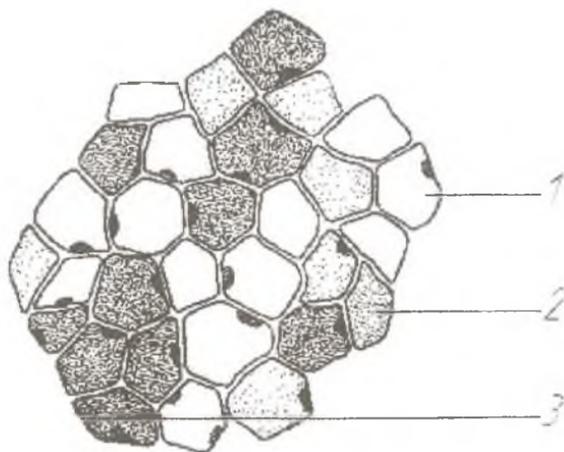


Рис. 3. Поперечный разрез мышечных волокон с различным количеством миоглобина:

- 1 – белые мышечные волокна; 2 – слабо пигментированные волокна; 3 – красные мышечные волокна

Количественное соотношение различных волокон зависит от того, какими функциональными свойствами обладает мышца.

Кроме органелл общего значения поперечно-полосатые мышечные волокна содержат также специальные органеллы – *миофибриллы*. Они составляют сократительный аппарат мышечных волокон. На поперечном разрезе миофибриллы имеют форму круга, овала или многоугольника. Собираясь в пучки, они тянутся от одного конца мышечного волокна к другому. Границы пучков миофибрилл обуславливают продольную исчерченность мышечных волокон.

Поперечная исчерченность мышечного волокна определяется особым строением миофибрилл, в которых чередуются участки с различными физико-химическими и оптическими свойствами. Участки с одинаковыми свойствами располагаются в мышечном волокне на одном уровне, что и обуславливает поперечную исчерченность всего волокна. В миофибриллах различают анизотропные диски (*диски А*), обладающие двойным лучепреломлением при рассматривании их в микроскоп, и изотропные диски (*диски И*). В поляризованном свете *диски И* выглядят светлыми, а *диски А* – темными.

Посредине *дисков И* проходят темные полосы, которые названы *телофрагмами (Т)* или *линиями Z*. Эти линии являются наиболее устойчивыми элементами поперечной исчерченности миофибрилл. Они сохраняются при любом функциональном состоянии последних. Сегмент миофибриллы, заключенный между двумя соседними *линиями Z*, назван *саркомером*. Он является элементарным комплексом структур, обеспечивающим сокращение миофибриллы.

Диски А также разделяются пополам тонкими темными линиями, названными *мезофрагмами* или *линиями М*, по обе стороны от которых имеются более светлые *полоски Н*.

Изотропный и анизотропный диски построены из тончайших нитей, названных *миофиламентами*. Среди них различают *толстые* и *тонкие миофиламенты*. В области *дисков И* имеются только тонкие миофиламенты, а в области *дисков А* – те и другие (рис. 4).

Тонкие миофиламенты построены из белка *актина*, а толстые – из белка *миозина*. При взаимодействии этих белков и происходит укорочение миофибриллы.

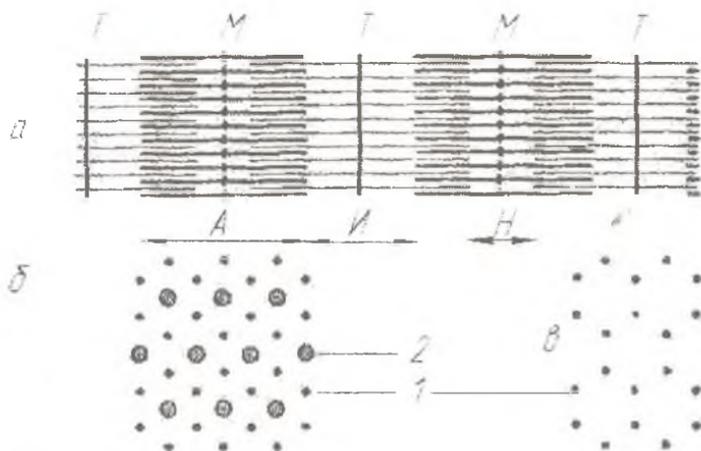


Рис. 4. Схема строения миофибриллы: а) продольный срез; А – анизотропный диск; И – изотропный диск; Т – телофрагма; М – мезофрагма; Н – полоска Н; 1 – тонкие (актиновые) нити; 2 – толстые (миозиновые) нити; б) взаиморасположение нитей актина и миозина на поперечном срезе миофибриллы в области анизотропного диска; в) расположение нитей актина на поперечном срезе миофибриллы в области изотропного диска

2.2. Механизм сокращения мышечного волокна

Мышечное волокно сокращается в результате взаимодействия белковых молекул актина и миозина, что морфологически выражается в скольжении толстых и тонких миофиламент друг относительно друга. При этом *полоска Н* и *диск И* уменьшаются в своих размерах вплоть до полного исчезновения, а величина *диска А* практически не изменяется. Таким образом, видно, что укорочение миофибрилл достигается за счет уменьшения *дисков И* (рис. 5).

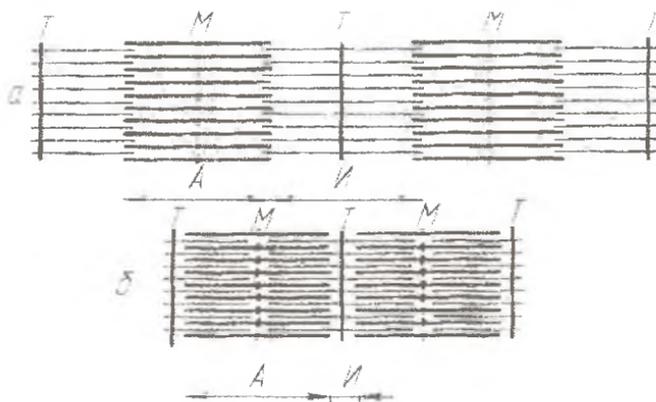


Рис. 5. Схема, показывающая движение нитей актина между нитями миозина при расслаблении (а) и сокращении (б) миофибриллы (обозначения те же, что на рис. 4)

Расслабление мышечного волокна сопровождается расширением изотропных дисков в результате того, что нити актина как бы выдвигаются из промежутков между нитями миозина.

При растяжении мышечного волокна концы нитей актина в миофибриллах находятся почти на уровне концов нитей миозина. При этом изотропный диск становится наиболее широким. Следовательно, *полоска H* анизотропного диска, обусловленная степенью внедрения нитей актина между нитями миозина, также расширяется (рис.6).

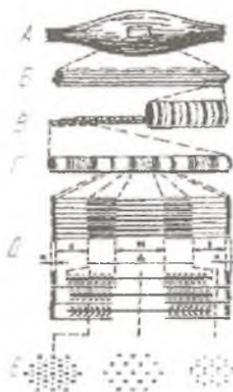


Рис. 6. Схематическое изображение строения мышцы: А – мышца; Б – пучок мышечных волокон; В – мышечное волокно; Г – миофибрилла; Д – схематическое изображение саркомера, ограничено Z-линиями, с I-дисками, A-дисками и H-зоной; Е – поперечный срез на различных участках саркомера, дающий представление о распределении тонких и толстых нитей актина и миозина (по Я. Коцу)

Внедрение нитей актина между нитями миозина происходит в результате освобождения энергии при распаде несущего энергию вещества – *аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ)* в присутствии ионов кальция. Активизация взаимодействия между актином и миозином происходит под воздействием нервного импульса, передаваемого с нервного волокна на мышечное волокно. Вначале активизируются *АТФ-азные центры* миозина, выделяя фермент *аденозинтрифосфатазу*. Она расщепляет АТФ до *аденозиндифосфорной кислоты (АДФ)*. Освобождающаяся при этом энергия идет либо на развитие напряжения мышцы, либо на ее укорочение.

Разнонаправленное скольжение *актиновых и миозиновых* нитей в соседних половинках саркомеров осуществляется за счет того, что нити *миозина* имеют поперечные выступы, называемые «мостиками», или *головками миозина* (рис. 7). Каждый такой поперечный «мостик» во время сокращения связывает *миозиновую* нить с *актиновой*: «наклоны» головок создают объединенное усилие и выполняют как бы «гребок», продвигающий нить

актина к середине саркомера. При однократном движении поперечных «мостков» вдоль актиновой нити саркомер может укоротиться примерно на 1% своей длины. Однако мышцы при сокращении могут укорачиваться до 50% своей длины. При этом поперечные мостики делают не один «гребок», а как бы выполняют серию гребковых движений не один, а 50 раз за то же время. Благодаря суммации таких ритмичных «гребков» и соответствующих им укорочений последовательно расположенных в миофибриллах саркомеров, мышца может развить большую силу. Ритмичные повороты головок миозина при этом «гребут» актиновые нити к середине саркомеров. Однако саркомер может генерировать силу и без относительного скольжения нитей, то есть без изменения своей длины – в строго изометрических (статических) условиях. Это является возможным благодаря эластичности поперечных «мостиков».

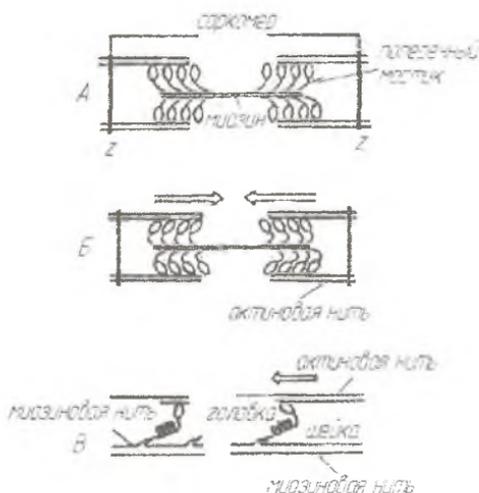


Рис. 7. Схематическое изображение поперечных мостиков саркомера. Миозиновая нить с поперечными мостиками, соединенная с активными нитями: А – до, Б – во время «гребковых движений» (эти движения происходят асинхронно), В – модель механизма генерации силы поперечными мостиками до (слева) и во время (справа) «гребкового движения» (по Ruegg J. C., 1983)

Но даже в условиях изометрического напряжения миозиновые «головки» не находятся в постоянном напряжении: уже через десятые или даже сотые доли секунды они «отпускают» миозиновые нити. Фаза такого их «восстановления» очень коротка: ритмическая смена прикреплений и отсоединений поперечных «мостиков» к актиновой нити происходит с частотой от 5 до 50 Гц. Но напряжение, развиваемое мышцей, при этом не меняется, так как в каждый момент времени одно и то же количество миозиновых

«головок» находится в «прикрепленном» к *актиновой* нити состоянии, что и обуславливает постоянство напряжения мышцы.

Так как каждое мышечное волокно состоит из большого количества последовательно расположенных *саркомеров*, то величина силы тяги, развиваемая этим волокном, и скорость его укорочения **возрастают** во столько раз, во сколько длина миофибриллы больше длины составляющих ее *саркомеров*. Поэтому длинная мышца будет сокращаться сильнее и быстрее, чем короткая.

Чем больше *миофибрилл* в мышце, тем она сильнее. Поэтому проявляемая мышцей сила пропорциональна ее физиологическому поперечнику.

Расслабление мышцы после сокращения и восстановление ее исходного состояния происходит благодаря эластическим свойствам сарколеммы и внутримышечной соединительной ткани.

Таким образом, в сократительном акте мышечного волокна условно различают две фазы: первая – собственно сократительный акт, который представляет собой процесс структурного взаимодействия между актином и миозином, вторая – состояние сокращения, которое заключается в превращении всего саркомера в актомиозиновую систему. После кратковременного существования она распадается на актин и миозин и возвращается к исходному состоянию.

2.3. Кровоснабжение и иннервация мышцы

Сосуды и нервы проникают в мышцу обычно с внутренней стороны в одном, реже в нескольких местах, которые называются *воротами мышцы*. Кровоснабжение мышцы осуществляется в основном из близко расположенных артерий за счет многочисленных *мышечных ветвей*. В мышце кровеносные сосуды разветвляются между пучками мышечных волокон на более мелкие, их тончайшие веточки переходят в капилляры, которые густой сетью оплетают каждое мышечное волокно. В местах соприкосновения капилляра с мышечным волокном имеется углубление сарколеммы. Питательные вещества и кислород проникают через стенку капилляра, а затем через сарколемму в мышечное волокно. Продукты обмена веществ из мышечного волокна также вначале попадают в капилляры, а затем по венозным сосудам, которые повторяют ход артериальных, выносятся из мышцы.

Сокращение мышцы происходит под влиянием импульсов, идущих из центральной нервной системы (ЦНС). На каждом поперечно-полосатом мышечном волокне имеется специальное *двигательное нервное окончание*, посредством которого нервный импульс передается с нервного волокна на мышечное. От нервной системы мышца получает также импульсы, регулирующие ее тонус и происходящие в ней жизненные процессы: питание и обмен веществ, изменение сократительных свойств, развитие, рост и др.

Двигательные нервные окончания (*концевые моторные бляшки*) есть на каждом мышечном волокне. Они представляют собой концевые отделы моторных нейронов (мотонейронов), тела которых лежат в спинном или головном мозге. Двигательные нервные волокна разветвляются в мышце на несколько десятков веточек, каждая из которых подходит к одному мышечному волокну. Таким образом, оказывается, что один моторный нейрон иннервирует несколько мышечных волокон, которые нередко расположены в различных частях мышцы. В связи с этим моторный нейрон и иннервируемые им мышечные волокна объединяют под названием *нейромоторной единицы* или *двигательной единицы* (ДЕ) (рис. 8).

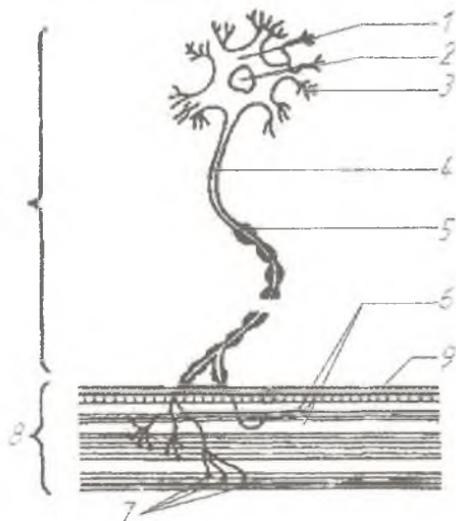


Рис. 8. Схема строения двигательной единицы: 1 – тело мотонейрона; 2 – ядро; 3 – дендриты – короткие отростки; 4 – аксон – длинный отросток нервного волокна; 5 – оболочка нервного волокна; 6 – концевые веточки аксона; 7 – нервно-мышечные синапсы, через которые мышце передаются нервные импульсы; 8 – мышечное волокно с миофибриллами; 9 – оболочка мышечного волокна (по Я. Коцу)

В области концевой моторной бляшки имеется контакт между нервным волокном и мышечным – *синапс*. Иными словами, нервное волокно отделено от мышечного *синаптической щелью*. Передача нервного импульса с нервного волокна на мышечное через синаптическую щель осуществляется с помощью специальных веществ – передатчиков, или *медиаторов*, которые выделяются нервным окончанием в синаптическую щель и, взаимодействуя с сарколеммой в области двигательного нервного окончания, вызывают возбуждение сократительного аппарата мышечного волокна.

В мышцах находятся *чувствительные нервные окончания*, воспринимающие информацию о состоянии мышечных волокон и передающие ее в

ЦНС. Наиболее сложными мышечными рецепторами являются *нервно-мышечные веретена*. Они представляют собой пучки тонких специализированных мышечных волокон, заключенных в капсулу из соединительной ткани. Эти мышечные волокна еще называются *интрафузальными* (от лат. *fusus* – веретено). Внутри нервно-мышечного веретена находятся первичные чувствительные окончания, в которых при растяжении мышц возникают нервные импульсы, передаваемые в ЦНС.

Другой тип чувствительных окончаний находится в сухожилиях мышц и носит название *нервно-сухожильных веретен*, которые раздражаются и при растяжении мышц, и при их сокращении.

2.4. Состав и структура скелетных мышц

Как было отмечено выше, мышечные волокна функционально объединены в *двигательные единицы* (ДЕ). Двигательная единица состоит из одного мотонейрона и группы иннервируемых им мышечных волокон. Состав различных мышц человека различается по количеству двигательных единиц и их размерам. Количество волокон в разных двигательных единицах одной и той же мышцы также неодинаково.

Мышцы, выполняющие «тонкую» и точную работу, например, мышцы глаз, пальцев рук, обладают большим количеством двигательных единиц, но состоят они из малого количества миофибрилл. Мышцы рук, ног или спины, выполняющие относительно более «грубые» и менее точные движения, но требующие большой силы, имеют гораздо меньшее количество двигательных единиц, состоящих из большого числа мышечных волокон.

Двигательные волокна состоят из двух основных типов мышечных волокон:

- быстрых и сильных, но быстро утомляемых FT-волокон (Fast – быстрый, Twitch – сокращение);
- выносливых, но менее сильных и быстрых ST – волокон (Slow – медленный).

Быстрые мышечные волокна (белые) имеют повышенное содержание *гликогена*, высокую активность *анаэробных гликолитических субстратов*. Эти мышечные волокна, не обладая большой выносливостью, наиболее приспособлены для быстрых и сильных, но относительно кратковременных мышечных сокращений, обеспечивая выполнение кратковременной физической работы высокой мощности продолжительностью не более 4-х минут. Эти быстрые волокна обозначаются как FG – тип (быстрые, Glycolysis – гликолитические).

Медленные мышечные волокна (красные) более приспособлены для обеспечения длительных, но менее мощных по силе мышечных сокращений, что характерно для выполнения работы на выносливость. Они имеют широко разветвленную *капиллярную сеть*, что позволяет им получать боль-

шое количество кислорода из крови. Медленные волокна отличаются также повышенным содержанием миоглобина и наличием большого количества *митохондрий* (внутриклеточных структур, в которых протекают процессы окисления), характеризуются высокой активностью *окислительных ферментов* и имеют более высокое содержание жиров в виде *триглицеридов – субстратов окисления*. Медленные волокна обозначаются как SO – тип (Slow – медленные, Oxidative – окислительные).

Кроме этого, среди быстрых волокон выделяют подтип быстрых *окислительно – гликолитических – FOG* – тип. Эти волокна приспособлены к достаточно интенсивной *окислительной (аэробной)* работе с одновременно мощным *гликолитическим энергообразованием*, однако их окислительные возможности ниже, чем у медленных окислительных волокон. С функциональной точки зрения окислительно-гликолитические волокна рассматриваются как *промежуточный тип* между двумя основными FG – и SO – типами мышечных волокон.

Композиционный состав мышц определен генетически, то есть в течение жизни общее количество и соотношение имеющихся в мышцах типов волокон не изменяется. Под воздействием тренировки может измениться толщина волокон всех типов, а значит, способность мышц к выполнению физической работы различной физиологической направленности.

2.5. Регуляция напряжения мышц

Управление движениями, поддержание вертикального положения и необходимая фиксация звеньев тела обеспечиваются сокращением в нужный момент времени определенных мышц и регуляцией степени их напряжения центральной нервной системой (ЦНС).

Регуляция мышечного напряжения осуществляется тремя физиологическими механизмами: 1) количеством активных двигательных единиц мышцы;

2) частотой импульсации мотонейронов двигательных единиц;

3) временной связью активности двигательных единиц.

Двигательная единица активизируется после того, как ее *мотонейрон* пошлет импульсы для сокращения иннервируемых мышечных волокон. На нервный импульс реагируют одновременно все мышечные волокна одной двигательной единицы. Сила сокращения одной двигательной единицы зависит от количества составляющих ее мышечных волокон. Силовой потенциал одной двигательной единицы мал, поэтому для выполнения движения при сокращении мышцы одновременно включаются в работу несколько двигательных единиц. В физиологии это явление называется *пространственной суммацией*. Чем больше внешнее сопротивление, тем больше двигательных единиц задействовано при генерации силы мышцей, и тем большее напряжение она развивает.

Необходимое число активных двигательных единиц определяется интенсивностью возбуждающих влияний более высоких уровней нервной системы на *мотонейроны* данной мышцы.

Реакция *мотонейронов* двигательных единиц на возбуждающие влияния более высоких уровней нервной системы определяется порогом их возбуждения. Сам этот порог зависит от размера *мотонейрона*. Чем меньше размер тела *мотонейрона*, тем меньше размер двигательной единицы и тем ниже порог возбуждения *мотонейрона*. Поэтому слабые мышечные напряжения обеспечиваются преимущественно активностью низкопороговых малых и медленных двигательных единиц.

В ответ на одиночный импульс мышечные волокна двигательной единицы отвечают быстрой сократительной реакцией – *одиночным сокращением*. Одиночное мышечное сокращение протекает в виде волны, состоящей из фазы напряжения, или укорочения мышцы, и фазы расслабления, или удлинения мышцы.

Продолжительность одиночного мышечного сокращения и его фаз может изменяться у одной и той же мышцы в зависимости от ее функционального состояния. После разминки и вработывания мышцы сокращаются быстрее и более эффективно. В утомленном состоянии мышца сокращается более медленно, способность ее к расслаблению снижается, и расслабление затягивается.

Мотонейроны посылают к мышцам разную частоту импульсов. При небольшой частоте (8 – 10 импульсов в секунду) и при длительности сокращения менее 0,1 с двигательные единицы работают в режиме *одиночных сокращений*. Это значит, что в интервалах между импульсами мышечные волокна данной двигательной единицы успевают осуществить весь цикл одиночного сокращения, и новый импульс вызывает у них снова такое же одиночное сокращение.

Целая мышца, состоящая из множества двигательных единиц (как быстрых, так и медленных), сокращается медленнее, чем каждая в отдельности двигательная единица. Это объясняется тем, что разные двигательные единицы данной мышцы включаются в работу в разное время. В одних двигательных единицах сокращение заканчивается, а в других – только начинается. Таким образом, во время расслабления одних мышечных волокон сокращаются другие. В результате сокращение целой мышцы протекает медленнее, чем сокращение отдельных двигательных единиц, и более плавно. Напряжение мышцы при одиночном сокращении ее волокон небольшое.

При более частых импульсах происходит явление, получившее название *временная суммация сокращений*. Для получения суммированного сокращения интервал между раздражениями должен быть меньше длительности одиночного сокращения. Тогда второй и последующие импульсы будут

заставать мышцу в тот момент, когда она еще не успеет прийти в состояние полного расслабления после предыдущего сокращения. При этом нервные импульсы могут заставить мышечные волокна либо в фазе начавшегося расслабления, либо в фазе сокращения, т. е. будет осуществляться так называемое *тетаническое мышечное сокращение*. В первом случае это будет *зубчатый* (или *неполный*) *тетанус*, а во втором – *гладкий* (или *полный*) *тетанус* (рис. 9).

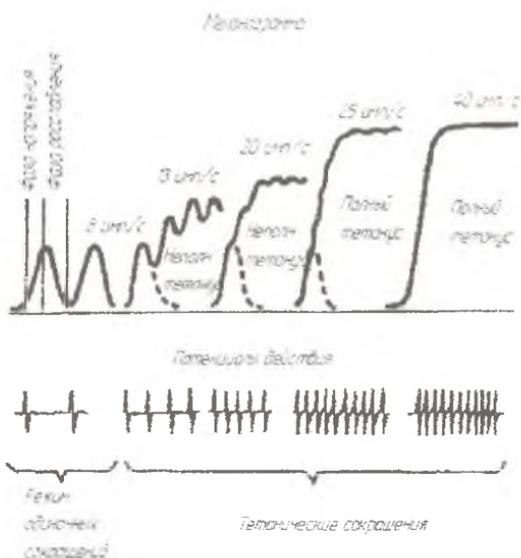


Рис. 9. Режимы сокращений двигательной единицы импульсами различной частоты (по Я. Коцу)

Таким образом, сокращения мышцы зависят от частоты импульсов, которые посылаются к мышцам центральной нервной системой. При частоте 25–35 импульсов в секунду, сокращения мышцы умеренные, а при частоте более 50 импульсов в секунду возможны максимальные мышечные напряжения.

Гладкий тетанус для разных мышц (быстрых и медленных) может быть получен при разной частоте импульсов. Это зависит от длительности одиночных сокращений. Так, например, для тетанического сокращения камбаловидной мышцы достаточна частота в 15 импульсов в секунду, а для быстрых глазных мышц – до 300 импульсов в секунду.

В режиме одиночного сокращения мышца может работать долго; в фазе сокращения энергия расходуется, а в фазе расслабления она восстанавлива-

ется. В режиме тетанического сокращения мышца работает недолго. В этом случае мышца недостаточно расслабляется и менее полно происходит восстановление израсходованных веществ.

В обычных условиях большинство двигательных единиц функционируют посменно, а при утомлении активизируются одновременно. В первом случае движения выполняются более экономично, плавно, точнее сохраняется поза. При утомлении движения теряют плавность, становятся менее точными и менее экономичными.

В процессе жизни у человека больше тренируются малые двигательные единицы, чем большие. Малые двигательные единицы становятся активными при меньших по силе раздражениях. Поэтому мышечные волокна могут развить лишь небольшое напряжение, обеспечивающее, например, стояние тела. Такая работа не очень утомительна и может совершаться относительно долго. Большие двигательные единицы в основном проявляют свою активность при значительных мышечных усилиях.

2.6. Части и формы мышц

Поперечно-полосатые мышечные волокна являются основными рабочими элементами мышц. Однако важная роль в построении мышцы как органа принадлежит соединительной ткани. Она объединяет мышечные волокна в пучки, образуя для каждого волокна эластический каркас; при ее участии происходит прикрепление мышцы к костям и передача мышечных усилий на костные рычаги.

Мышечные волокна образуют среднюю часть мышцы – ее *тело*, или *брюшко*. Кроме тела у мышц различают *головку*, которой мышца начинается от одной кости, и *хвост*, которым она прикрепляется к другой кости. Головка и хвост мышцы имеют *сухожильные*, особенно хорошо выраженное у длинных мышц (рис. 10)

Сухожилья мышц, имеющие форму широкого и тонкого пласта, называются *апоневрозами* или *сухожильными растяжениями*. Некоторые мышцы (например, прямая мышца живота) имеют вставочные сухожильные прослойки, которые разделяют мышцу на отдельные части.

Форма мышц очень разнообразна. Она определяется их размером, соотношением мышечной и сухожильной частей, способом прикрепления к костям, особенностями «упаковки» мышечных волокон в пучки и целым рядом других факторов, обусловленных особенностями работы мышц и их топографией. Наиболее распространенными являются веретенообразная и плоская форма мышц.

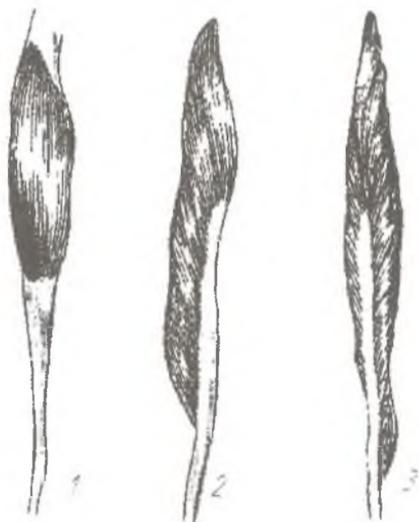


Рис. 10. Части мышц, имеющих различное строение: 1 – веретенообразная мышца; 2 – одноперистая мышца; 3 – двуперистая мышца (ориг. М.Ф. Иваницкого)

2.7. Вспомогательные аппараты мышц

Кроме основных частей (тела и сухожилия) мышцы имеют дополнительные компоненты, которые принято называть вспомогательными аппаратами. К ним относятся: *фасции, синовиальные влагалища, синовиальные сумки, мышечные блоки, сесамовидные кости*.

Фасции – это плотные фиброзные оболочки, которые в виде футляров покрывают группы мышц и отдельные мышцы. По структурным и функциональным особенностям различают *поверхностные* и *глубокие*, или *собственные*, фасции.

Поверхностные фасции представляют собой *межмышечные перегородки* и *фиброзные влагалища*.

Синовиальные влагалища сухожилий. В области суставов кисти и стопы уплотненная часть фасций перекидывается в виде связок через длинные сухожилия мышцы, образуя *фиброзные* и *костно-фиброзные каналы*. Они удерживают сухожилия в определенном положении, препятствуют их отрыву от костей, боковым смещениям и этим способствуют более точному направлению мышечной тяги. Синовиальные влагалища вместе с заключающими их костно-фиброзными каналами нередко объединяют под общим названием *сухожильные влагалища*.

Синовиальные сумки – это замкнутые полости с синовиальным (слизистым) содержимым, которые находятся между мышцами, в некоторых местах между мышцей и костью, а также между кожей и костью. Они облегчают скольжение мышц при их сокращении.

Блоки мышц. В тех местах, где сухожилие мышцы или сама мышца меняет направление, перекидываясь через кость или связку, образуются блоки. Кость в этом месте покрыта хрящом, а между ним и мышцей располагается синовиальная сумка.

Сесамовидные кости являются вспомогательными аппаратами и мышц, и суставов. Они располагаются в толще сухожилий мышц, вблизи мест прикрепления их к кости. Благодаря наличию сесамовидных костей угол прикрепления мышц изменяется, что способствует увеличению плеча силы мышцы.

2.8. Классификация мышц

Мышцы классифицируются по различным признакам.

1. В зависимости от размеров и формы различают *длинные и короткие, плоские и веретенообразные, ромбовидные, квадратные, трапециевидные мышцы и др.*

2. По направлению волокон различают *прямые мышцы*, в которых мышечные волокна расположены параллельно длиннику тела, *косые, поперечные, круговые.* Прямые мышцы обычно длинные и не обладают большой силой. Мышцы с косым направлением волокон, прикрепляющиеся к сухожилию с одной стороны, называют *одноперистыми*, а прикрепляющиеся с двух сторон – *двухперистыми*. Круговые мышцы, закрывающие отверстия, называются *сфинктерами*.

3. По функциональному назначению мышцы делятся на *сгибатели и разгибатели, отводящие и приводящие, супинаторы* (вращающие конечности кнаружи) и *пронаторы* (вращающие конечности внутрь).

4. По положению различают *поверхностные и глубокие мышцы, наружные и внутренние, латеральные (боковые) и медиальные (срединные).*

5. По отношению к суставам мышцы делят на *односуставные, двухсуставные и многосуставные* – в зависимости от того, на какое количество суставов они непосредственно действуют.

2.9. Виды и режимы работы мышц

В основе работы мышц лежит способность их к сокращению. При сокращении мышца укорачивается, в результате чего две точки, к которым

она прикрепляется, сближаются. Действуя так, мышца производит тягу с определенной силой и, передвигая груз, совершает определенную механическую работу.

Сила мышцы характеризуется величиной максимального напряжения, которое она способна развить при возбуждении. Сила мышцы зависит от следующих факторов:

- сократительной силы входящих в ее состав одиночных двигательных волокон;
- ее исходной длины;
- координационных факторов (центрально-нервных);
- механических условий ее действия на кости скелета.

Ведущим механизмом, позволяющим срочно изменить степень мышечного напряжения, является характер регулирующих эффекторных импульсов. Градация напряжения мышцы осуществляется двумя путями:

- а) включением различного количества двигательных единиц;
- б) изменением частоты поступающих импульсов.

При этом в диапазоне примерно от 20 до 80% максимальной силы основное значение имеет регуляция включением разного количества двигательных единиц.

На силу мышцы влияет также степень тренированности, утомления, состояния нервной системы человека.

Так как сила мышц зависит от площади их поперечного сечения, то следует учитывать особенности внутреннего строения мышцы. Суммарная площадь поперечного сечения всех отдельных волокон у перистой мышцы значительно больше, чем у веретенообразной мышцы, при равных объемах мышц. Однако, у перистых мышц сравнительно меньше величина укорочения. Перистые мышцы имеют значительные прослойки плотной соединительной ткани. Они трудно растяжимы и могут производить больше работы статического характера, чем веретенообразные мышцы. У веретенообразных мышц прослоек плотной соединительной ткани почти нет. У них легко чередуются сокращение и растяжение.

Мышцы могут проявлять силу:

- 1) без изменения своей длины (статический или изометрический режим);
- 2) при ее укорочении (преодолевающий или миометрический режим);
- 3) при ее удлинении (уступающий или полиометрический режим).

Преодолевающий и уступающий режимы объединяются понятием «динамический режим».

3. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВОСПИТАНИЯ МЫШЕЧНОЙ СИЛЫ И СКОРОСТНО-СИЛОВЫХ КАЧЕСТВ

3.1. Сила как физическое качество. Режим работы мышц

В обыденном употреблении слово «сила» имеет много значений и характеризует различные явления.

Как научное понятие слово «сила» должно быть по возможности строго определено. Надо различать:

- 1) силу как механическую характеристику движения ($F = ma$);
- 2) силу как определенное качество человека.

В первом значении сила является предметом изучения механики. Во втором – предметом исследования в теории физического воспитания, физиологии, антропологии. В дальнейшем изложении термин «сила» будет употребляться и в том, и в другом смысле. Для обозначения силы как физического качества используются термины: *силовые возможности, силовые способности, мышечная сила*.

В данном учебном пособии сила рассматривается как определенное качество человека, являющееся предметом изучения в антропологии, физиологии, биохимии, теории и методике физического воспитания. Ниже указываются ряд факторов, обуславливающих развитие силовых качеств как свойств мышц, приобретаемых под влиянием специфической систематической тренировки.

В указанном выше значении силу человека можно определить, как способность преодолевать внешнее сопротивление либо противодействовать ему посредством мышечных напряжений.

Мышцы, развивая усилия, могут работать в преодолевающем (*миометрическом*) режиме либо в режиме, противодействующем нагрузке, который в свою очередь подразделяется на уступающий (*плиометрический*) и статический (*изометрический*).

При миометрическом режиме длина мышцы уменьшается, а при плиометрическом режиме длина мышцы увеличивается; при статическом режиме длина мышцы остается постоянной.

Удлинение или укорочение мышечных волокон может происходить с различной скоростью, зависящей от скорости приложения силы к внешнему сопротивлению.

Наиболее общая физиологическая классификация физических упражнений может быть проведена на основе выделения трех основных характеристик мышц, осуществляющих соответствующее упражнение:

- 1) объем активной мышечной массы;
- 2) тип мышечных сокращений (статический или динамический);

3) сила и мощность сокращений.

В зависимости от объема активной мышечной массы все физические упражнения классифицируют на *локальные, региональные и глобальные*.

К локальным относятся упражнения, в осуществлении которых участвует менее 1/3 всей мышечной массы тела.

К региональным относятся упражнения, в осуществлении которых принимает участие от 1/3 до 1/2 всей мышечной массы тела.

Глобальными называются упражнения, в осуществлении которых принимает активное участие более 1/2 всей мышечной массы тела.

В соответствии с типом сокращения основных мышц, осуществляющих выполнение данного упражнения, все физические упражнения можно разделить соответственно на статические и динамические.

3.2. Зависимость силы от условий ее проявления

При классификации физических упражнений по силе сокращения ведущих мышечных групп следует учитывать зависимость силы от условий ее проявления: «сила – перемещаемая масса», «сила – скорость» и «сила – длительность» мышечного сокращения.

Динамическая сила зависит от массы перемещаемого тела и от скорости его перемещения.

Связь: «сила – перемещаемая масса». Перемещая тела различной массы, человек проявляет и различные величины силы. Сначала, с увеличением массы перемещаемого тела, величина силы растет, но затем увеличение массы не будет вызывать увеличение силы. Если масса тела будет слишком велика, то величина силы, которую может приложить к нему, уже не зависит от перемещаемой массы и определяется только силовыми возможностями человека.

В соответствии с зависимостью «сила – скорость» (рис. 11) при динамическом сокращении проявляемая сила обратно пропорциональна скорости укорочения мышц (скорости движения перемещаемого тела): чем больше эта скорость, тем меньше проявляемая сила. Другая формулировка этой зависимости: чем больше внешняя нагрузка (сопротивление, вес), тем ниже скорость укорочения (движения) и тем больше проявляемая сила, и наоборот, чем меньше внешняя нагрузка, тем выше скорость движения и меньше проявляемая мышечная сила. Если толкать тела различной массы, изменяя скорость вылета тела и проявленную механическую силу, сила и скорость будут находиться в обратно пропорциональной зависимости: чем выше скорость, тем меньше проявленная механическая сила и наоборот.

Когда масса тела будет настолько тяжелой, что его невозможно сдвинуть с места, человек проявляет наибольшую силу (статическое усилие),

наоборот, при движении свободной рукой (масса воображаемого «ядра» равна нулю, следовательно, и механическая сила, с нему приложенная, равны нулю) скорость будет наибольшей. При толкании обычного ядра скорость и сила имеют какие-то средние величины. Зависимость между силой и скоростью в ряду движений с различной нагрузкой характеризуется кривой, типа приведенной на рис. 11.

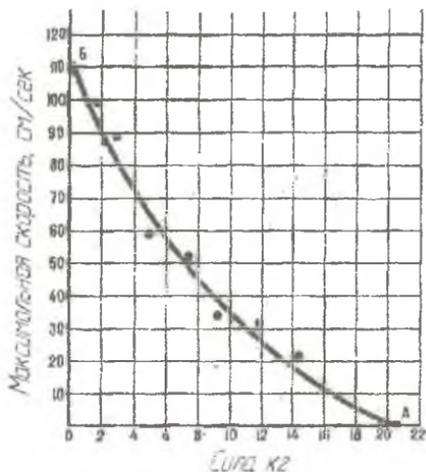


Рис. 11. Зависимость между показателями силы и скорости в ряду локальных движений с различными отягощениями (по Г. Дж. Ральстону и др.)

Здесь точка А соответствует изометрическим условиям (скорость равна нулю, проявленная сила максимальна), точка Б — движению без отягощения (нагрузка равна нулю, скорость максимальна). Точками на графике указаны промежуточные случаи (лабораторный эксперимент).

Приведенная зависимость между силой и скоростью выражается так называемым «основным уравнением мышечной динамики» (А.В. Хилл, 1938):

$$(P + a)(v + b) = (P_0 + a) = K,$$

где P — проявленная сила; P_0 — максимальная сила; v — скорость; a , b , K — индивидуальные константы.

Из уравнения следует, что сила и скорость связаны обратно пропорционально, а также, что возможные значения силы и скорости при различных отягощениях зависят от максимальной силы (P_0), проявляемой в изометрических условиях. Иначе говоря, показатели максимальной статической силы человека в значительной степени определяют, какие величины силы он может проявить в динамическом режиме работы.

Так как механическая сила равна произведению массы на ускорение, то величины силы могут увеличиваться либо за счет большой массы при небольших ускорениях (такие движения называются собственно силовыми, например жим штанги или приседания со штангой околосреднего веса), либо за счет большого ускорения при постоянных массах перемещаемого тела (скоростно-силовые движения, например толкание ядра). Когда, несмотря на большие величины ускорения, величина силы, проявляемой в движениях, очень мала (потому что мала перемещаемая масса), движения называются скоростными, например метание теннисного мяча.

Сила в уступающих движениях при насильственном увеличении длины мышц значительно (до 50 - 80%) превосходит максимальную изометрическую силу человека. Так, например, сила, которая проявляется при приземлении с высоты, больше той, которую можно проявить при отталкивании. Сила, проявляемая при уступающем режиме работы в разных движениях, зависит от скорости движения: чем больше скорость, тем больше и сила. Произведение силы на скорость мышечного сокращения определяет его мощность.

Зависимость «сила – длительность» мышечных сокращений выражается в том, что чем больше сила (или мощность) сокращений мышц, тем короче их предельная продолжительность.

3.3. Виды силовых способностей

Основными качественно специфическими формами силовых проявлений, наиболее типичными для спортивной деятельности, являются: абсолютная сила, скоростная сила, взрывная сила, силовая выносливость.

Абсолютная сила характеризует силовой потенциал спортсмена и измеряется величиной максимального мышечного напряжения в изометрическом режиме без ограничения времени или предельным весом поднятого груза.

Скоростная сила характеризует способность мышц к быстрой реализации неотягощенного движения или движения против относительно небольшого внешнего сопротивления. Скоростная сила оценивается, как правило, показателем скорости движения.

Взрывная сила характеризует способность мышц к проявлению значительных напряжений в минимальное время. При оценке уровня развития взрывной силы пользуются так называемым скоростно-силовым индексом:

$$I = F_{\max} / t_{\max}$$

где I – указанный индекс, F_{\max} – максимальное значение силы, показанное в данном движении, t_{\max} – время достижения максимальной силы (рис.12).

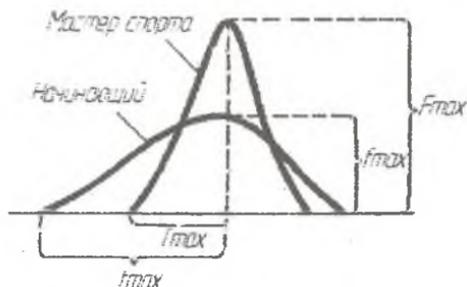


Рис. 12. Динамограмма отталкивания при прыжке вверх с места (схема).
Пример проявления «взрывной силы»

Для спортивных движений наиболее характерно проявление взрывного усилия в условиях, когда рабочему сокращению мышц в основной фазе спортивного упражнения предшествует механическое растягивание их. В этом случае рабочий эффект движения определяется способностью мышц к быстрому переключению от растягивания - к активному сокращению с использованием упругого потенциала растягивания для повышения мощности их последующего сокращения. Это специфическое свойство мышц называется реактивностью мышц. Установлено, что преодолевающая работа мышцы, которая начинает сокращаться немедленно после предварительного растягивания в напряженном состоянии, больше преодолевающей работы той же мышцы при сокращении ее в состоянии изометрического напряжения.

Силовая выносливость характеризует способность мышц к сохранению эффективности их функционирования в условиях длительной работы. При этом имеется в виду самый различный характер функционирования мышц: удержание необходимой позы, повторное выполнение взрывных усилий, циклическая работа той или иной интенсивности и т. п. Силовая выносливость является сложной комплексно-двигательной способностью и проявляется в двух формах: динамической и статической. Динамическая силовая выносливость характерна прежде всего для циклических упражнений, в которых силовые напряжения повторяются непрерывно в каждом цикле движений (бег, плавание, гребля и др.), а также для ациклических упражнений, которые выполняются повторно с тем или иным промежутком отдыха (прыжки, метания). Выделяется также особый вид динамической силовой выносливости, который обеспечивает эффективность однократного интенсивного усилия в условиях непрерывной подвижности спортсмена (нападающий удар в волейболе, удар боксера, проведение приема в борьбе и др.). Статическая силовая выносливость типична для спортивной деятельности,

связанной с необходимостью удержания рабочего напряжения той или иной величины и длительности (борьба, парусный спорт и др.), а также с сохранением определенной позы (стрелковый, конькобежный спорт).

В зависимости от количества участвующих в работе мышц выделяют общую и локальную силовую выносливость. Общая силовая выносливость характерна для таких условий деятельности двигательного аппарата, когда в работу вовлекается большое число мышечных групп. Локальная силовая выносливость характерна для деятельности, которая осуществляется отдельными мышечными группами,

Выделение четырех типов силовых способностей мышц (абсолютной, скоростной, взрывной и силовой выносливости) условно, так как все они, несмотря на присущую им качественную специфичность, определенным образом взаимосвязаны как в своем проявлении, так и в своем развитии. В чистом виде они проявляются в редких случаях и входят в качестве компонентов в любое двигательное проявление человека. Причем наиболее характерной для спортивной деятельности силовой способностью является взрывная сила мышц, проявляемая в ациклическом или в циклическом движении. В первом случае движение отличается мощностью работы мышц, во втором – необходимостью относительно долго сохранять оптимальный уровень его мощности. Принимая во внимание то, что взрывной характер проявления усилия в той или иной мере (в зависимости от условий) обеспечивается наличием абсолютной или скоростной силы мышц, то, по существу, две генеральные способности – взрывная сила и силовая выносливость – лежат в основе реализации всего разнообразия спортивных движений человека.

Исследования показали (Ю.В. Верхошанский), что абсолютная сила не определяет ни величину рабочего эффекта в начальный момент напряжения мышц, ни величину максимума усилия в движениях против небольшого внешнего сопротивления. Она существенно связана с максимумом взрывного усилия в том случае, если внешнее сопротивление значительно. В то же время абсолютная сила не только не способствует развитию абсолютной быстроты движения, но выступает по отношению к последней как негативный фактор. Однако если движение выполняется против внешнего сопротивления, то его скорость тем больше зависит от абсолютной силы мышц, чем больше внешнее сопротивление.

3.4. Физиологические основы мышечной силы

Изометрически сокращающаяся мышца развивает максимально возможное для нее напряжение при одновременном выполнении следующих условий:

1) активация всех двигательных единиц (мышечных волокон) данной мышцы;

2) режим полного тетануса у всех ее двигательных единиц;

3) сокращение мышцы при длине покоя.

В этом случае изометрическое напряжение мышцы соответствует ее максимальной статической силе.

Как было отмечено выше, *максимальная сила*, развиваемая мышцей, зависит от числа мышечных волокон, составляющих данную мышцу, и от их толщины. Число и толщина волокон определяют толщину мышцы в целом, или, иначе, площадь поперечного сечения мышцы (*анатомический поперечник*). Отношение максимальной силы мышцы к ее анатомическому поперечнику в физиологии называется относительной силой мышцы.

Анатомический поперечник определяется как площадь поперечного сечения мышцы перпендикулярно к ее длине. Поперечное сечение мышцы перпендикулярно ходу ее волокон, что позволяет получить *физиологический поперечник* мышцы. Анатомический поперечник мышц с параллельным ходом волокон совпадает с физиологическим поперечником. Отношение максимальной силы мышцы к физиологическому поперечнику в физиологии называется абсолютной силой мышцы. Измерение мышечной силы у человека осуществляется при его произвольном усилии, стремлении максимально сократить необходимые мышцы. Когда говорят о мышечной силе человека, речь идет о *максимальной произвольной силе* (МПС). В спортивной педагогике этому понятию эквивалентно понятие «абсолютная сила мышц». МПС зависит от двух групп факторов: мышечных (периферических) и координационных (центрально-нервных).

К мышечным (периферическим) факторам относятся:

- механические условия действия мышечной тяги (плечо рычага действия силы и угол приложения этой силы к костным рычагам;
- длина мышц, т.к. напряжение мышцы зависит от ее длины;
- поперечник (толщина) активируемых мышц, т.к. при прочих равных условиях проявляемая мышечная сила тем больше, чем больше суммарный поперечник произвольно сокращающихся мышц;
- композиция мышц, т.е. соотношение быстрых и медленных волокон в сокращающихся мышцах.

Сила мышцы зависит от ее поперечника: увеличение его сопровождается ростом силы данной мышцы. Увеличение мышечного поперечника в результате физической тренировки называется *рабочей гипертрофией мышцы* (от греч. – «трофос» – питание). Рабочая гипертрофия мышцы происхо-

дит почти или исключительно за счет утолщения (увеличения объема) существующих мышечных волокон. При значительном утолщении мышечных волокон возможно их продольное механическое расщепление с образованием «дочерних» волокон с общим сухожилием. В процессе силовой тренировки число продольно расщепленных волокон увеличивается.

Существуют два крайних типа рабочей гипертрофии мышечных волокон – *саркоплазматический* и *миофибриллярный*.

Саркоплазматическая рабочая гипертрофия – это утолщение мышечных волокон за счет преимущественного увеличения объема саркоплазмы, т.е. несократительной их части. Гипертрофия этого типа происходит за счет повышения содержания несократительных (в частности, митохондриальных) белков и метаболических резервов мышечных волокон: гликогена, безазотистых веществ, креатинфосфата, миоглобина и др. Значительное увеличение числа капилляров в результате тренировки также может вызывать некоторое утолщение мышцы. Рабочая гипертрофия этого типа мало влияет на рост силы мышц, но значительно повышает способность к продолжительной работе, т.е. увеличивает их выносливость.

Миофибриллярная рабочая гипертрофия связана с увеличением числа и объема миофибрилл, т.е. сократительного аппарата мышечных волокон. При этом возрастает плотность укладки миофибрилл в мышечном волокне. Такая рабочая гипертрофия мышечных волокон ведет к значительному росту МС мышцы. Существенно увеличивается и абсолютная сила мышцы, а при рабочей гипертрофии первого типа она или совсем не изменяется, или даже несколько уменьшается.

В реальных условиях гипертрофия мышечных волокон представляет собой комбинацию двух названных типов с преобладанием одного из них. Преимущественное развитие того или иного типа рабочей гипертрофии определяется характером мышечной тренировки. *Длительные динамические упражнения, развивающие выносливость, с относительно небольшой силовой нагрузкой на мышцы вызывают в основном рабочую гипертрофию первого типа. Упражнения с большими мышечными напряжениями (более 70% от МПС тренируемых мышечных групп), наоборот, способствуют развитию рабочей гипертрофии второго типа.*

В основе рабочей гипертрофии лежит интенсивный синтез и уменьшенный распад мышечных белков. Соответственно концентрация ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота) и РНК (рибонуклеиновая кислота) в гипертрофированной мышце больше, чем в нормальной. Креатин, содержание которого увеличивается в сокращающейся мышце, может стимулировать

усиленный синтез актина и миозина и таким образом способствовать развитию рабочей гипертрофии мышечных волокон.

Очень важную роль в регуляции объема мышечной массы, частности в развитии гипертрофии мышц, играют *андрогены* (мужские половые гормоны). У мужчин они вырабатываются половыми железами (семенниками) и в коре надпочечников, а у женщин – только в коре надпочечников. Соответственно у мужчин количество андрогенов больше, чем у женщин.

Возрастное развитие мышечной массы идет параллельно с увеличением продукции андрогенных гормонов. Первое заметное утолщение мышечных волокон наблюдается в 6 – 7-летнем возрасте, когда усиливается образование андрогенов. С наступлением полового созревания (11 – 15 лет) начинается интенсивный прирост мышечной массы у мальчиков, который продолжается и после периода полового созревания. У девочек развитие мышечной массы в основном заканчивается с периодом полового созревания. Соответствующий характер имеет и рост мышечной силы в школьном возрасте.

Силовая тренировка, как другие тренировки, не изменяет соотношения в мышцах двух основных типов мышечных волокон – быстрых и медленных. Однако тренировка способна изменять соотношение двух видов быстрых волокон, увеличивая процент *быстрых гликолитических* и соответственно уменьшая процент *быстрых окислительно – гликолитических* волокон. При этом, в результате силовой тренировки степень гипертрофии быстрых мышечных волокон значительно больше, чем медленных окислительных волокон, а тренировка выносливости ведет к гипертрофии в первую очередь медленных волокон. Эти различия показывают, что степень рабочей гипертрофии мышечного волокна зависит как от меры его использования в процессе тренировок, так и от его способности к гипертрофии.

Силовая тренировка связана с относительно небольшим числом повторных максимальных или близких к ним мышечных сокращений, в которых участвуют как быстрые, так и медленные мышечные волокна. Однако и небольшого числа повторений достаточно для развития рабочей гипертрофии быстрых волокон, что указывает на их большую, по сравнению с медленными волокнами, предрасположенность к развитию рабочей гипертрофии. Высокий процент быстрых волокон в мышцах служит важной предпосылкой для значительного роста мышечной силы при направленной силовой тренировке. Поэтому люди с высоким процентом быстрых волокон в мышцах имеют более высокие потенциальные возможности для развития силы.

К координационным (централно-нервным) факторам относится совокупность центрально-нервных координационных механизмов управления мышечным аппаратом – механизмы *внутримышечной* и *межмышечной* координации.

Механизмы *внутримышечной координации* определяют число и частоту импульсации мотонейронов данной мышцы и связь их импульсации во времени. С помощью этих механизмов ЦНС регулирует максимальную произвольную силу, т.е. определяет, насколько сила произвольного сокращения данной мышцы близка к ее максимальной силе (МС).

Показатель МПС любой мышечной группы даже одного сустава зависит от силы сокращения многих мышц. Выполнение любого двигательного акта представляет собой результат содружественного действия ряда отдельных мышц, так как на любой сустав действует не одна, а несколько мышц. В функциональном отношении в зависимости от направления усилий, развиваемых теми или иными мышцами, их делят на *синергисты* и *антагонисты*.

Под *синергистами* понимают такие мышцы или группы мышц, которые образуют содружественно работающие комплексы, обуславливающие возможность выполнения определенного движения.

Отдельные мышцы или группы мышц, участвующие в различных движениях, противоположно направленных, называют *антагонистами*.

В то время как содружественные (синергические) группы мышц обуславливают возможность выполнения данного движения, другие мышцы благодаря своему тону или сокращению это движение сдерживают. Разучивание движений, особенно имеющих характер рывка или толчка, идет по линии выработки в процессе тренировки более изолированного сокращения тех мышц и мышечных групп, которые для данного движения как раз необходимы. Это обусловлено одновременно происходящими процессами возбуждения двигательных нервных клеток, иннервирующих одни мышцы, и торможения клеток, иннервирующих другие мышцы. Для выполнения плавных движений необходима содружественная работа антагонистов, так как без их регулирующего влияния сокращение одних только синергистов может вызвать порывистые, дискретные движения.

Таким образом, согласование работы антагонистических и синергических групп мышц достигается за счет координации их сокращений, которая обусловлена направленными воздействиями со стороны нервной системы. Совершенство *межмышечной координации* проявляется в адекватном выборе «нужных» мышц синергистов, в ограничении «ненужной» активно-

сти мышц антагонистов данного и других суставов и в усилении активности мышц антагонистов, обеспечивающих фиксацию смежных суставов.

Таким образом, управление мышцами, когда требуется проявить их максимальную произвольную силу (МПС), является сложной задачей для ЦНС. Поэтому в обычных условиях **максимальная произвольная сила** мышц (МПС) меньше, чем их **максимальная сила (МС)**. Разница между МС мышц и их МПС называется **силовым дефицитом**.

Силовой дефицит у человека определяется следующим образом. На специальной динамометрической установке измеряют МПС выбранной группы мышц, затем ее МС. Чтобы измерить МС, раздражают электрическими импульсами нерв, иннервирующий данную мышечную группу. Силу электрического раздражения подбирают такой, чтобы возбудить все моторные нервные волокна (аксоны мотонейронов). При этом подбирают частоту раздражения, достаточную для возникновения полного тетануса мышечных волокон (обычно 50 – 100 импульсов в секунду). Таким образом, сокращаются все мышечные волокна данной мышечной группы, развивая возможное для них напряжение (МС).

Силовой дефицит данной мышечной группы тем меньше, чем совершеннее центральное управление мышечным аппаратом. Величина силового дефицита зависит от трех факторов:

- 1) психологического, эмоционального состояния испытуемого;
- 2) необходимого числа одновременно активируемых мышечных групп;
- 3) степени совершенства произвольного управления мышечными группами.

Первый фактор. Известно, что при некоторых эмоциональных состояниях человек может проявлять такую силу, которая намного превышает его максимальные возможности в обычных условиях. К таким эмоциональным (стрессовым) состояниям относится, в частности, состояние спортсмена во время соревнования. В экспериментальных условиях значительное повышение показателей МПС (т.е. уменьшения силового дефицита) обнаруживается при сильной мотивации (заинтересованности) испытуемого в ситуациях, вызывающих его сильную эмоциональную реакцию. То же отмечается при гипнозе, приеме некоторых лекарственных препаратов. При этом положительный эффект (уменьшение силового дефицита) сильнее выражен у нетренированных испытуемых и слабее (или совсем отсутствует) у хорошо тренированных спортсменов. Это указывает на высокую степень со-

вершенства центрального управления мышечным аппаратом у спортсменов.

Второй фактор. При одинаковых условиях измерения величина силового дефицита тем больше, чем больше число одновременно сокращающихся мышечных групп. Например, когда измеряется МПС мышц, только приводящих большой палец кисти, силовой дефицит у разных испытуемых 5 – 15% от МС этих мышц. При определении МПС мышц, приводящих большой палец и сгибающих его концевую фалангу, силовой дефицит возрастает до 20%.

Третий фактор. Роль его доказывается различными экспериментами. Показано, например, что изометрическая тренировка, проводимая при определенном положении конечности, приводит к значительному повышению МПС, измеряемой в том же положении. Если измерения проводились в других положениях конечности, то прирост МПС оказывается незначительным или отсутствует совсем. Если бы прирост МПС зависел только от увеличения поперечника тренируемых мышц (периферического фактора), то он обнаруживался бы при измерениях в любом измерении конечности. Следовательно, в данном случае прирост МПС зависит от более совершенного, чем до тренировки, центрального управления мышечным аппаратом именно в тренируемом положении.

Как известно, наиболее высокопороговыми («менее возбудимыми») являются быстрые двигательные единицы мышцы. Их вклад в общее напряжение мышцы особенно велик, так как каждая из них содержит много мышечных волокон. Быстрые мышечные волокна толще, имеют больше миофибрилл, и поэтому их сила сокращения выше, чем у медленных двигательных единиц. Отсюда понятно, почему МПС зависит от композиции мышц: чем больше мышечных волокон они содержат, тем выше их МПС.

Когда перед спортсменом стоит задача развить значительную мышечную силу во время выполнения соревновательного упражнения, он должен систематически применять на тренировках упражнения, которые требуют проявления большой мышечной силы (не менее 70% от его МПС). В этом случае совершенствуется произвольное управление мышцами, и в частности механизмы внутримышечной координации, обеспечивающие включение как можно большего числа двигательных единиц основных мышц, в том числе наиболее высокопороговых, быстрых двигательных единиц.

3.5. Мышечная сила и вес собственного тела

Сила мышц связана с величиной их физиологического поперечника и, следовательно, косвенно характеризуется весом тела человека. Поэтому чем больше собственный вес атлета, тем больший груз он может поднять. Собственный вес спортсмена пропорционален кубу его линейных размеров, а величина физиологического поперечника мышц пропорциональна квадрату линейных размеров. Математическая зависимость между максимальной силой (F), на которую способен атлет, и весом его тела (W) выражается формулой: $F = aW^{2/3}$, где a – постоянная величина, характеризующая уровень тренированности атлета.

Для сравнения силы людей различного веса пользуются понятием относительной силы, под которой понимают величину силы, приходящейся на 1 кг собственного веса тела. Силу, которую проявляет человек в каком-либо движении, оцененную безотносительно к собственному весу, иногда называют абсолютной силой. Не следует смешивать абсолютную мышечную силу человека с абсолютной силой мышцы, под которой понимают величину силы, приходящейся на 1 см² физиологического поперечника мышцы.

У спортсменов одинаковой тренированности, но разного веса, абсолютная сила с повышением веса увеличивается, а относительная – падает, так как с увеличением линейных размеров тела вес его будет возрастать быстрее, чем растет мышечная сила.

4. ОСНОВЫ МЕТОДИКИ СИЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ В СПОРТЕ

4.1. Задачи по воспитанию силовых способностей

Общая задача в процессе многолетнего воспитания силы как физического качества человека заключается в том, чтобы всесторонне развить ее и обеспечить возможность высоких проявлений в разнообразных видах двигательной деятельности.

Частными задачами являются:

- 1) приобретение и совершенствование способности осуществлять основные виды усилий – статические и динамические, собственно силовые и скоростно-силовые, преодолевающие и уступающие;
- 2) гармоническое укрепление в силовом отношении всех мышечных групп двигательного аппарата;
- 3) развитие способности рационально пользоваться силой в разнообразных условиях жизни.

4.2. Средства воспитания силовых способностей

Средствами воспитания силы являются упражнения с повышенным сопротивлением – силовые упражнения. В зависимости от природы сопротивления силовые упражнения делятся на группы:

- 1) упражнения с внешним сопротивлением. В качестве внешнего сопротивления используют: вес предметов, противодействие партнера, сопротивление упругих предметов, сопротивление внешней среды;
- 2) упражнения, отягощенные весом собственного тела.

Физиологической основой приспособительных перестроек в живой ткани являются раздражение, исходящее из внешней и внутренней среды, и следующая за ним реакция, которая оставляет определенный след в организме. При повторном раздражении следы, суммируясь, приводят к адекватным качественным изменениям органа в виде расширения границ его функциональных возможностей и соответствующей морфологической перестройки. Специфической особенностью живого субстрата является относительно быстрая адаптация к повторному раздражению, которое становится привычным и уже не вызывает прибавок в приспособительных сдвигах, а лишь поддерживает их. Исключение данного раздражителя из комплекса внешних воздействий приводит к возвращению органа на исходный функциональный уровень, так как прежние приспособительные перестройки утрачивают свою роль.

Такова в самых общих чертах и значительном упрощении физиологическая сущность тренировки. В действительности все гораздо сложнее, по-

сколько систематическое упражнение как средство структурно-функционального совершенствования содержит комплекс различных раздражающих воздействий на все органы и системы организма. Например, для успеха тренировки, направленной на развитие силы, безразлично, какого веса штангу поднял спортсмен, сколько раз, быстро или медленно, в начале или в конце тренировки и т. д.

Рост силы мышц человека как внешнее выражение приспособительных перестроек организма связан с силой и повторностью раздражителей, которые несет в себе режим работы двигательного аппарата в процессе тренировки. Только оптимально сильное сокращение мышц, которое может быть достигнуто разными путями (изометрическим напряжением, перемещением значительного по весу отягощения с малой скоростью или незначительного – с большой скоростью), действует как тренировочное раздражение. Исследования, проведенные с целью установить пороговую величину тренировочного раздражения, необходимого для увеличения мышечной силы, показали, что оно не должно быть меньше $1/3$ максимальной силы. С ростом силы мышц пороговая величина раздражения, способного оказать тренирующее влияние, должна быть увеличена и составлять в тренировке подготовленных спортсменов 80 – 95 % от максимума.

Таким образом, развитие силы мышц требует постепенного нарастания силы раздражителя. Любой раздражитель имеет определенный «предел силы», при достижении которого прирост силы мышц прекращается. «Прирост силы» отстоит от исходных величин тем дальше, чем меньше тренирована мышечная группа; причем скорость увеличения силы от начальных значений до «предела силы», выраженная в процентах от величины предела, не зависит от пола, возраста, мышечной группы и уровня «предела силы». Повышение уровня развития силы после стойкого достижения «предела силы» может быть обеспечено только путем интенсификации тренировки (замены средств на более сильные, определенного их сочетания, повышения объема работы).

По мере роста силы и уровня физической подготовленности занимающихся все более явно обнаруживается зависимость прироста силы и ее специфической окраски от характера тренировки в связи со специфическим влиянием применяемых средств и методов на развитие качественных характеристик движений. В тех случаях, когда тренировка проводится с малыми грузами, одновременно с ростом силы увеличивается выносливость, быстрота движений, выполняемых как с грузом, так и без него; если тренировка проводится с большими грузами, в значительной степени возрастает сила, увеличивается также быстрота при однократном движении, но выносливость при работе без груза начинает снижаться.

Интенсивность прироста силы и ее специфическая окраска определяются также сочетанием применяемых в тренировке средств.

Рост силы зависит также от уровня подготовленности спортсмена: чем меньше подготовлен занимающийся, тем интенсивней прирост силы. Однако с повышением мастерства темп прироста силы уменьшается и может быть обеспечен только соответствующими средствами специального характера.

Разработка рациональной методики силовой подготовки связана со сроками сохранения приобретенной силы. Поскольку задача развития силы решается в основном в подготовительном периоде тренировки, то важно, насколько «хватит» ее в соревновательном периоде, иными словами, насколько интенсивной должна быть тренировка, направленная на сохранение достигнутого уровня развития силы, и как более рационально восстанавливать силу после ее угасания.

Практикой установлено, что полное угасание силы, приобретенной в результате 20 занятий скоростно-силовыми упражнениями, отмечено уже через 5 месяцев после прекращения специальной тренировки (8,8% после первого, 33,8 % после второго, 60,2% после третьего, 81,5% после четвертого и 88,8% после пятого месяца). Отмечено также, что приобретенная сила дольше сохраняется в том случае, когда нарастание ее сопровождалось ростом мышечной массы.

4.3. Основные методические направления воспитания силовых способностей

Основные предпосылки для классификации методов развития мышечной силы связываются в первую очередь с общими чертами в двигательном режиме различных спортивных упражнений. На этой основе выделяют виды спорта, применительно к которым следует рассматривать методы физической и, в частности, силовой подготовки:

- 1) группы видов спорта, характеризующихся максимальной интенсивностью рабочих усилий;
- 2) группы видов спорта, характеризующихся преимущественным проявлением выносливости с оптимальными усилиями различной интенсивности;
- 3) группы видов спорта, характеризующихся высоким уровнем развития ловкости и точности движений при заданной их программе;
- 4) группы видов спорта, характеризующихся комплексным проявлением двигательных качеств при различном соотношении их развития.

Исходя из такой группировки спортивных упражнений определяют преимущественную направленность силовой подготовки, определяющую соот-

ветствующие методы. При этом исходят из необходимости развития взрывной силы, силовой выносливости, силовой ловкости, относительной или абсолютной силы.

Различают максимальные силовые напряжения, скоростно-силовые нагрузки и нагрузки на силовую выносливость. Исходя из способов создания максимальных силовых напряжений (повторное поднимание определенного веса до выраженного утомления, «до отказа», поднимание предельного веса с максимальной скоростью), различают три метода развития силы: повторных, максимальных и динамических усилий.

Методы развития силы систематизируют по специфическому характеру силы, которую они развивают. Выделяют следующие основные группы методов, которые направлены на развитие: *абсолютной силы*, *быстрой силы*, *силовой выносливости*. Причем внутри каждой группы возможна и необходима дифференциация методов в зависимости от типа напряжения мышц при выполнении различных спортивных упражнений.

Развитие абсолютной силы мышц

Абсолютная сила характеризует предельное напряжение мышц человека, измеренное динамометром или наибольшим весом поднятого груза, то есть абсолютная сила – это максимальное значение силы, проявленной в условиях изометрического напряжения или медленного движения с грузом. Для развития абсолютной силы мышц применяются два основных метода: метод повторных усилий и метод кратковременных максимальных напряжений.

Метод повторных усилий (использование непредельных отягощений с предельным числом повторений) заключается в повторном поднимании отягощения, вес которого постепенно увеличивается в соответствии с ростом силы мышц. Эффект такой тренировки представляется зависимым от проприоцептивных ощущений, которыми сопровождается медленное поднимание тяжести; от соответствующих приспособительных перестроек в организме, происходящих в результате сильного возбуждения нервных путей, идущих от мозга к мышцам; от увеличения количества возбужденных моторных единиц.

При использовании этого метода, по мере утомления, последние повторения движений «до отказа» близки в некотором отношении к предельным силовым напряжениям.

Напряжение, которое проявляет одна двигательная единица (ДЕ), падает. В работу вступает все больше ДЕ, и при последних повторениях их число возрастает до максимума. При этом увеличивается частота эффекторных разрядов из центральной нервной системы. Вес, который в первых попытках можно было легко поднять, оказывается как бы близким к предельному

и становится физиологическим раздражителем большой силы. Изменяется концентрация усилий. В итоге физиологическая картина становится сходной с той, которая существует при выполнении предельных усилий. Так как ведущим фактором здесь является сходство в последних подъемах, в данном случае обязательно выполнение упражнений до явно выраженного утомления, «до отказа». Однако эта картина наблюдается лишь тогда, когда величина отягощения не слишком мала. При чрезмерно малых отягощениях – у новичков примерно ниже 35% максимального веса – число активных двигательных единиц при утомлении уменьшается, столь малые отягощения не дают положительного эффекта при воспитании силы.

Работа «до отказа» невыгодна в энергетическом отношении. Для достижения одного и того же тренирующего эффекта при малых отягощениях приходится выполнять несравненно большую механическую работу, чем при повышенных отягощениях. Причем наиболее ценные последние попытки выполняются на фоне сниженной вследствие утомления возбудимости центральной нервной системы (ЦНС). И.П. Павловым было доказано, что условно-рефлекторная деятельность протекает успешнее при оптимальном, «свежем», состоянии ЦНС. Выполнение упражнений на фоне утомления затрудняет образование тех тонких условно-рефлекторных отношений, которые обеспечивают в значительной мере дальнейшее развитие силы. Все это снижает эффективность данного методического направления по сравнению с тем, при котором используются предельные отягощения.

Однако указанное методическое направление широко и вполне оправдано используется в практике. Объясняется это следующими причинами:

а) большой объем выполняемой работы вызывает большие сдвиги в обмене веществ. Активизация трофических процессов создает возможности для усиления пластического обмена, что может привести к функциональной гипертрофии мышц и тем сказаться положительно на росте силы. Большая степень энерготрат может быть также полезной, если занятия проводятся преимущественно с оздоровительной направленностью;

б) упражнения с непределными силовыми напряжениями дают большие возможности контролировать технику спортивных упражнений. Особое значение это имеет для начинающих, так как в начале образования двигательного навыка наблюдается иррадиация возбуждения в ЦНС, что внешне выражается в скованности движений из-за включения в работу ненужных групп мышц. Иррадиация тем шире, чем сильнее возбуждение. Тренировка с малыми отягощениями дает возможность снизить силу возбуждательного процесса, вследствие чего иррадиация становится относительно небольшой, а движение – более координированным;

в) у людей, не занимавшихся ранее силовыми упражнениями, ограничение отягощений дает возможность избежать травм;

г) на начальном этапе занятий физическими упражнениями эффективность воспитания силы почти не зависит от величины отягощения, если эта величина превосходит определенный минимум (примерно 35 – 40% максимальной силы).

С увеличением продолжительности занятий преимущества повышенных отягощений сказывается все более четко. В тренировке квалифицированных спортсменов методы, основанные на многократно повторяемых непредельных отягощениях, используются при воспитании силы главным образом как дополнительные. И чтобы компенсировать их неэкономичность, применяют, как правило, упражнения локального характера. Суммарная величина поднятого отягощения (поднятого груза) оказывается сравнительно небольшой.

Величина сопротивления устанавливается в пределах «большой» и «умеренно большой». По мере развития силы величина сопротивления соответственно увеличивается.

Величину отягощения при воспитании силы можно дозировать по следующим критериям:

- в процентах к максимальному весу;
- по разности к максимальному весу;
- по числу возможных повторений в одном подходе. Вес, который можно поднять максимум 10 или 20 раз, обозначается как 10 или 20 ПМ (повторный максимум).

В таблице приводится градация нагрузки в зависимости от числа возможных повторений в одном подходе.

Градация нагрузки в зависимости от числа возможных повторений

Обозначение нагрузки (отягощения)	Число возможных повторений в одном подходе (ПМ)
Предельная	1
Околопредельная	2 – 3
Большая	4 – 7
Умеренно большая	8 – 12
Средняя	13 – 18
Малая	19 – 25
Очень малая	Более 25

Разновидностью метода повторных усилий является **метод прогрессивно возрастающего сопротивления**. Вначале определяется вес, который можно поднять 10 раз подряд (10 ПМ). Тренировочный сеанс состоит из

трех подходов с 10 медленными повторениями в каждом. В первом подходе берется вес, равный половине веса 1 ПМ, во втором – $\frac{3}{4}$ от 10 ПМ и в третьем – 10 ПМ.

Применяются также методы, связанные с уменьшением числа повторений, увеличением отягощения и различными вариациями в числе подходов и порядке следования веса отягощения в тренировочном цикле.

Экспериментально было установлено, что тренировка в трех подходах с 6 повторениями т. е. (с весом 6 ПМ) оказалась наиболее эффективной. Выяснилось, что тренировка с более тяжелым весом не обеспечивает оптимального числа повторений, необходимых для увеличения силы, и наоборот, тренировка с легким весом и большим числом повторений является слишком слабым раздражителем.

Установлено также, что тренировка определенной группы мышц с интервалом между занятиями 2 дня оказывается значительно более эффективной, чем с интервалом 1 день.

Очень важно также выбрать оптимальный темп выполнения упражнений. Установлено, что применение максимального темпа (не с максимальной скоростью!) дает относительно небольшой эффект. Прирост силы больше при среднем темпе.

Метод кратковременных максимальных напряжений (или метод предельных и околопредельных отягощений). Этот метод применяется, если требуется быстрое проявление абсолютной силы. Отличие его от метода прогрессивно возрастающего сопротивления заключается в преимущественном использовании значительного веса (85–95% от максимума, т. е. 3 – 5 ПМ), который сочетается с подъемом меньшего веса (в одном тренировочном занятии) и большего, т. е. предельного (один раз в одну или две недели). Однако при таком сочетании следует увеличивать число подходов более чем до трех. Так, штангистам в одном тренировочном занятии рекомендуется выполнять 5 – 6 упражнений с 6 – 10 подходами по 1 – 3 подъема (А.С. Медведев, А.Н. Воробьев, 1967; 1971).

Метод кратковременных максимальных напряжений обеспечивает развитие способности к концентрации нервно-мышечных усилий и дает больший, чем метод прогрессивно возрастающего сопротивления, эффект в развитии абсолютной силы, связанной с необходимостью быстрого ее проявления. Он способствует приросту силы без значительного увеличения мышечной массы, что имеет значение для видов спорта, где преимущественно требуется развитие относительной силы. Поднимание предельного и околопредельного веса совершенствует мобилизационные способности организма спортсмена и приводит к повышению его специальной работоспо-

способности, выражающейся в умении развивать кратковременные концентрированные усилия большой мощности.

Необходимо отметить, что метод предельных и околопредельных нагрузок часто является основным в тренировке квалифицированных спортсменов, он лучше других способствует образованию тех нервно-координационных отношений, которые обеспечивают рост силы. Однако данный метод самый эффективный не вообще, безотносительно к месту и времени использования, так как: во-первых, увеличение силы связано не только с совершенствованием координации; во-вторых, максимальные отягощения не всегда пригодны; в-третьих, любой метод, при его однообразном применении, станет привычным и будет давать в дальнейшем все меньший тренировочный эффект.

Под предельным весом понимают предельный тренировочный вес, т.е. тот наибольший вес, который можно поднять без значительного эмоционального возбуждения. С помощью соответствующей психологической настройки этот вес можно и превысить – тогда он будет подлинно предельным, но опыт показывает, что тренировка с такими весами малоэффективна. Она быстро вызывает значительное эмоциональное утомление и связана с недостаточными объемами нагрузки. Поэтому занятия проводятся в основном с предельными и околопредельными тренировочными весами, которые можно поднять без значительного эмоционального возбуждения (этот вес обычно меньше максимального на 10 – 15%).

Весы большие, чем предельный тренировочный, используют обычно один раз в 7 – 14 дней (строго индивидуально).

Использование изометрических напряжений. Изометрические (статические) упражнения применяются в качестве своеобразного варианта предельных силовых напряжений.

Они имеют ряд достоинств. Если в динамических упражнениях максимальное напряжение достигается только в отдельные моменты движения, то в статических упражнениях можно сохранить максимальное напряжение сравнительно длительное время. Занятия с использованием изометрических упражнений требуют мало времени, оборудование для них очень простое, с помощью этих упражнений можно воздействовать практически на любые мышечные группы. Очень ценны изометрические упражнения в условиях вынужденного ограничения движений с большой амплитудой

Однако изометрические упражнения имеют и существенные недостатки. Эффективность этих упражнений меньше, чем динамических. Практика показала, что у людей, использовавших только статические упражнения, сила росла медленнее, чем у тех, кто использовал динамические упражнения. Только у начинающих прирост силы примерно одинаков вне зависи-

мости от того, какие упражнения они применяют – статические или динамические.

При использовании изометрического режима силовые показатели квалифицированных спортсменов увеличиваются намного медленнее, чем в том случае, когда используется динамический режим мышечного напряжения. В практике имели случаи, когда переход спортсменов на изометрические упражнения приводил к падению силовых показателей. Тренировка с использованием только статических усилий в неизменных условиях очень быстро (через 6 – 8 недель) перестает давать положительный эффект, уровень достигнутой силы стабилизируется. Нервно-мышечная регуляция при выполнении статических и динамических упражнений во многом различна, поэтому тренировка в статических упражнениях может мало сказаться на показателях силы, проявляемых в динамическом режиме. Адаптация мышц к работе статического и динамического режимов выражается в морфологических и биохимических изменениях.

Учитывая сказанное, изометрические упражнения следует применять в основном как дополнительное средство воспитания силы. Они выполняются в виде максимальных повторных напряжений длительностью 5 – 6 сек. каждое. При применении изометрических упражнений рост силы проявляется преимущественно только в том положении тела, в котором проводилось упражнение. Поэтому, выбирая положения тела для изометрических упражнений, надо либо давать на одну и ту же мышечную группу несколько упражнений с разными углами в суставе, либо находить положения, соответствующие наиболее трудным моментам основного движения.

Объем изометрических упражнений не должен быть очень велик: в занятии на них отводится не более 10 – 15 мин. Не следует использовать изометрические упражнения в неизменном виде более 1 – 2 месяцев.

В специальной подготовке к статическим режимам избранной деятельности рациональна следующая последовательность: сначала использовать в основном упражнения динамического характера – это обеспечит более быстрый прирост силы, а затем включать все чаще статические «задержки» – это разовьет способность к волевой концентрации усилий в трудные моменты основного движения.

Практический опыт и экспериментальные работы позволяют считать обоснованными следующие рекомендации по методике применения изометрических упражнений. При необходимости ускорить прирост показателей *статической* силы изометрические упражнения целесообразно включать в тренировку до 4 раз в неделю, отводя для них каждый раз примерно 10 – 15 минут. За это время можно выполнить до 6 упражнений (в разных положениях), повторяя каждое 2 – 3 раза. Изометрическое напряжение

длится 5 – 6 сек. Важно при этом, чтобы усилие нарастало постепенно и достигало максимума к 3-4-й секунде. Если спортсмен адаптирован к силовым нагрузкам, эффект упражнения может быть увеличен путем немедленного повторения того же усилия (2 – 3 раза с интервалом в несколько секунд). Отдых перед очередным упражнением нормируется в пределах 1 – 3 минут.

Условиями рационального применения изометрических упражнений являются также:

- выполнение в интервалах отдыха между статическими усилиями дыхательных упражнений, упражнений в расслаблении и растягивании;

- оптимальное сочетание изометрических нагрузок с основными компонентами содержания тренировочных занятий; динамические упражнения в структуре занятий должны, как правило, предшествовать изометрическим (если не считать эпизодического включения изометрических напряжений перед скоростно-силовыми действиями, что действует иногда как стимулирующий фактор);

- использование тренировочных тренажеров с индикаторами, позволяющими контролировать величину проявляемой силы;

- позапное изменение комплекса применяемых изометрических упражнений (в частности, путем смены исходных положений) с примерной периодичностью 4-6 недель. Это позволяет в какой-то мере предупредить убывание эффективности «изометрической тренировки» по мере адаптации к статическим напряжениям.

Стремление соединить в одном методе сильные стороны изометрического и динамического режимов нагрузки привело к разработке комбинированных «стато-динамических» упражнений, служащих одним из дополнительных факторов силовой подготовки спортсменов. Пример такой тренировки – приседания со штангой на плечах с дозированной задержкой в промежуточных положениях. Вообще же в «стато-динамических» упражнениях могут сочетаться в различных вариантах преодолевающий, статический и уступающий режимы мышечных напряжений, переходя друг в друга.

Развитие быстрой силы мышц

Быстрая сила – понятие обобщенное и условное. Сила, проявляемая в быстрых движениях, имеет много качественных оттенков, и между ними порой довольно трудно провести грань. Грубо дифференцируя, можно выделить две основные группы движений, требующих быстрой силы:

- 1) движения, в которых преимущественную роль играет быстрота перемещения в условиях преодоления относительно небольшого сопротивления;

- 2) движения, в которых рабочий эффект связан с быстротой развития двигательного усилия в условиях преодоления значительного сопротивления.

Для первых движений абсолютная (максимальная) сила не имеет существенного значения, тогда как для вторых ее величина играет определенную роль в рабочем эффекте.

В первой группе можно различать движения, связанные с быстротой реагирования на некоторый сигнал извне или ситуацию в целом, с быстротой отдельных однократных напряжений, с частотой повторных напряжений. Во второй группе выделяют движения по типу напряжения мышц: движения с взрывным изометрическим напряжением (преодоление относительно большого отягощения с необходимостью быстрого развития значительного максимума силы) и движения с взрывным реактивно-баллистическим напряжением (основное рабочее усилие развивается сразу же после предварительного растяжения мышц).

Практика и специальные педагогические исследования показали, что развитие быстрой силы тем эффективней, чем больше в тренировке скоростных нагрузок и меньше длительной работы с небольшой скоростью движений. При этом основным методом развития быстрой силы является упражнение с отягощением небольшого веса, примерно 20% от максимума. В этом случае увеличивается быстрота движения как с грузом, так и без груза, и общий прирост ее может достигать до 146% от исходного уровня. Движения следует выполнять с предельным усилием, стараясь как можно быстрее разогнать снаряд. С целью направленного воздействия на механизм включения мышц в деятельное состояние следует сочетать упражнения с легким и более тяжелым (до 40% от максимального) весом (вариативный метод). Поднимать этот вес необходимо с акцентом на ускорение в начале движения. В тренировку следует также включать упражнения ударного характера и упражнения, характерные быстрым развитием изометрического напряжения в пределах 60 – 80% от максимума. Оптимальное сочетание объема упражнений с небольшим и значительным весом может быть выражено соотношением 1:5.

При развитии быстрой силы в движениях ациклического характера ударного или метательного типа вес отягощения должен подбираться с учетом влияния его на характер выполнения упражнения, т. е., чтобы не было нарушения техники.

Практика показала, что развитию скорости однократных движений в большей степени способствует вариативный метод (например, когда попытки со стандартным весом ядра выполняются на фоне «свежих» мышечных ощущений, полученных при толкании легкого снаряда). При изолиро-

ванном толкании снарядов различного веса разница между средними результатами существенна.

Пауза между повторениями упражнения определяется уровнем тренированности, специальной выносливостью к повторным максимальным напряжениям и интенсивностью силового проявления. Модельные опыты показывают, что при оптимальной паузе в пределах 0,5 – 1 мин высокий уровень качественных характеристик силы может сохраняться довольно долго без существенных изменений. Причем возможное постепенное снижение этих характеристик, связанное с утомляющей монотонностью работы, может быть устранено эмоциональной настройкой.

Развитие силовой выносливости мышц

Силовая выносливость характеризует двигательную деятельность, в которой требуется длительное проявление мышечных напряжений без снижения их рабочей эффективности. Силовая выносливость имеет ряд форм в зависимости от характера спортивной деятельности. Следует выделять динамическую и статическую выносливость. Динамическая силовая выносливость типична для упражнений с повторными и значительными мышечными напряжениями при относительно невысокой скорости движений, а также для упражнений циклического или ациклического характера, где нужна быстрая сила. В последнем случае речь идет о специфической выносливости, имеющей значение главным образом для способности относительно долго выполнять специальную работу скоростно-силового и взрывного характера без снижения ее эффективности. Статическая силовая выносливость типична для деятельности, связанной с длительным удержанием предельных и субпредельных напряжений, а также умеренных напряжений, необходимых для сохранения определенной позы (например, в стрелковом спорте, беге на коньках и т. п.).

Развитию силовой выносливости присущи особенности, а следовательно, и основные методические положения тренировки, направленной на развитие общей выносливости. Поэтому эффект тренировки «на силовую выносливость» определяется в целом:

- 1) величиной нагрузки;
- 2) темпом движений;
- 3) продолжительностью работы и ее характером;
- 4) интервалами между тренировочными занятиями;
- 5) длительностью периода тренировки;
- 6) исходным уровнем развития силовой выносливости.

Для развития силовой выносливости применяется в основном повторная работа с весом 25 – 50% от максимальной силы в среднем темпе (60 –

120 раз в минуту). Причем при работе с одинаковым весом и в одинаковом темпе эффективность развития силовой выносливости будет выше, если работа выполняется до полного утомления («до отказа»), хотя более кратковременная работа (60% времени исходной работоспособности) дает хорошие результаты.

Силовая выносливость, как и другие качественные характеристики мышечной деятельности, специфична. Однако специфичность силовой выносливости выражена в меньшей степени, чем, например, специфичность быстроты, а «перенос» ее с одного вида деятельности на другой больший.

С ростом уровня силовой выносливости необходимо увеличивать вес отягощения и число движений с ним.

В процессе развития силовой выносливости необходимо выполнять работу в затрудненных условиях, но в движениях, координационно и структурно близких специализируемому упражнению.

Таким образом, основным методом для развития силовой выносливости следует считать метод многократного повторения упражнения с отягощением различного веса. Вес отягощения определяется исходя из динамики, присущей специализируемому упражнению. Там, где требуются значительные усилия, следует использовать оптимально большой вес в сочетании с легким весом или с упражнениями, имитирующими режим основной спортивной деятельности. Там, где специализируемое упражнение связано с длительным проявлением умеренных усилий, целесообразна работа с легким весом в повторных сериях до утомления и «до отказа».

В видах спорта, где ведущим качеством является выносливость при работе умеренной интенсивности, силовая тренировка не должна приводить к увеличению мышечной массы. Если требуется силовая выносливость при преодолении большого сопротивления, незначительное увеличение мышечной массы допустимо.

Практический опыт и педагогические исследования показывают, что в видах спорта ациклического характера, и главным образом тех из них, где существенную роль играет техника движений и искусство управления движениями, роль силовой выносливости по мере роста мастерства спортсменов становится менее значимой.

Специальная выносливость (в том числе и силовая) должна развиваться на базе предварительно развитой общей выносливости. Причем лучший способ развития силовой выносливости – выполнение соревновательного упражнения в затрудненных условиях или в большом объеме. Однако это не исключает и использование специальных силовых упражнений.

4.4. Разминка как стимулятор повышения работоспособности организма при физической деятельности

Разминка способствует приведению организма спортсмена в состояние необходимой работоспособности. Разминка включает в себя две части – общую и специальную. Задача общей части – повышение функциональных возможностей организма в целом; задача специальной части – установление наиболее оптимальных взаимоотношений между структурой предстоящего движения и деятельностью ЦНС, осуществляющей через двигательный аппарат выполнение данного движения. Повышение работоспособности организма в процессе вработываемости при физической деятельности определяется как внутрицентральными изменениями мобилизационного характера, так и изменениями на рабочей периферии, то есть в самих мышцах.

Мышца сокращается тем быстрее и интенсивнее, чем выше ее температура. С повышением температуры тела увеличивается электрическая активность мышцы и уменьшается время активного состояния ее после стимуляции. Местное нагревание увеличивает силу, измеренную динамометром и время, в течение которого мышцы поддерживают стандартное напряжение или стандартную работу. Нагревание (душ) увеличивает изометрическую выносливость мышц, а также скорость их сокращения и выносливость в работе циклического характера до 7,5 – 9%. Охлаждение, наоборот, вызывает уменьшение силы мышечного сокращения и удлиняет его время. Период работоспособности мышц, охлажденных до 18°, укорачивается в 3 – 4 раза. Практика показала, что массаж не влияет на уровень выносливости в циклических упражнениях, но повышает мощность взрывной работы. Однако максимальной работоспособности мышца может достигнуть только после ряда сокращений, число и характер которых определяется функциональным состоянием организма и интенсивностью предстоящей работы. Повторная работа как форма разминки повышает быстроту движения. Вместе с тем если эта работа умеренной интенсивности, то она не дает преимуществ для силы. Активная разминка с включением интенсивных упражнений является эффективным средством для успешного выполнения упражнений скоростно-силового типа и особенно упражнений взрывного характера.

Таким образом, предшествующая работа, сходная по характеру с последующей, значительно уменьшает период вработываемости по сравнению с работой иной координационной структуры. Предшествующая работа позволяет мышцам перенести без повреждения большую нагрузку и вы-

полнить значительные по силе и скорости сокращения. Движения, включаемые в разминку, должны соответствовать специализируемому упражнению не только по координационной структуре, но и по интенсивности нервно-мышечных напряжений, что очень важно при выполнении скоростно-силовых упражнений.

4.5. Правила регулирования дыхания

Предельные усилия возможны только при натуживании – напряжении мускулатуры выдоха при закрытой голосовой щели. Натуживание повышает силовые показатели. В то же время при натуживании возникают состояния, которые могут отрицательно сказаться на деятельности сердечно-сосудистой системы. Усиленное натуживание вызывает повышение внутригрудного давления, ухудшает легочное кровообращение и может привести к анемии мозга и потере сознания. В то же время при правильной методике занятий организм адаптируется к указанным воздействиям.

Во избежание нежелательных последствий при выполнении силовых упражнений следует соблюдать несколько основных правил:

- 1) допускать натуживание можно только тогда, когда оно необходимо, т.е. при кратковременных максимальных напряжениях;
 - 2) начинающим нельзя давать в большом объеме упражнения с предельными и околопредельными напряжениями;
 - 3) не следует делать перед выполнением силовых упражнений максимальный вдох, так как это без нужды увеличит внутригрудное давление и усугубит те неблагоприятные сдвиги, которые наблюдаются при натуживании;
 - 4) поскольку при выдохе с суженой голосовой щелью достигаются почти такие же силовые показатели, как и при натуживании, можно делать максимальное усилие на выдохе без задержки дыхания;
 - 5) необходимо, чтобы начинающие спортсмены выполняли вдох и выдох в середине упражнения, в частности в тот момент, когда штанга находится на груди.
- Учитывая, что шоковые состояния бывают только при медленном жиме, надо добиваться быстрого поднимания даже предельного веса. Причиной шоковых состояний при жиме штанги может быть слишком сильное сжатие сонной артерии мышцами шеи. Во избежание этого при поднимании штанги нельзя опускать вниз подбородок.

5. СИЛОВЫЕ УПРАЖНЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЗАНЯТИЙ

5.1. Силовые упражнения в отдельном занятии

Если силовые упражнения применяют в начале основной части занятия, то они выполняются на фоне оптимального, «свежего», состояния ЦНС, благодаря чему лучше проходит образование и совершенствование нервно-координационных отношений, которые обеспечивают рост мышечной силы. Однако выполнение силовых упражнений вызывает утомление, что снижает успешность последующей работы по воспитанию быстроты, совершенствованию техники и т. п. Поэтому иногда силовые упражнения переносят во вторую половину занятия или на конец основной части занятия; при этом эффективность их уменьшается.

При использовании значительных отягощений (более 50% от максимума) интервалы отдыха между повторениями составляют 2 – 3,5 мин, увеличиваясь при работе с предельными весами до 4 – 6 мин. Но даже такие большие перерывы недостаточны для полного восстановления (при поднятии предельных весов для полного восстановления необходимо 10 – 15 мин). Поэтому для более быстрого восстановления можно объединить силовые упражнения в серии, делая внутри серии относительно небольшие интервалы отдыха, а между сериями – увеличенные до 5 – 7 мин.

В тех случаях, когда в занятия включаются упражнения с околопредельными весами и с непредельными, «до отказа», вначале следует выполнять первые. Объясняется это тем, что самые ценные попытки выполняются на фоне оптимального, «свежего», состояния ЦНС.

Перед подходом к основному тренировочному весу делают несколько подходов к малым весам, с целью разминки.

При использовании максимальных отягощений, несмотря на большие интервалы отдыха между подходами, утомление наступает относительно быстро. Чтобы увеличить объем нагрузки, используют специальные приемы, в частности так называемое «сдваивание» и волнообразное чередование весов. Суть «сдваивания» состоит в том, что одно и то же упражнение выполняют в занятии дважды. Например, в начале основной части выполняют приседания с оптимальным весом, после чего переходят на другие движения, а затем в конце основной части вновь возвращаются к приседаниям. При волнообразном чередовании весов после нескольких подходов к основному весу при первых признаках утомления вес снаряда снижают на 10 – 15 кг. К этому весу делают 1 – 2 подхода, затем снова ставят основной вес и т.д. Промежуточная работа на сниженных весах служит активным отдыхом и используется для совершенствования техники движений.

Если в занятие включают скоростно-силовые упражнения, требующие наибольшей четкости мышечных ощущений и оптимального состояния ЦНС, то их следует выполнять до упражнений статического и «жимового» характера. Работоспособность при выполнении силовых упражнений может быть повышена благодаря их рациональному чередованию. В перерывах между подходами при выполнении силовых упражнений используют как пассивный, так и активный отдых. При пассивном отдыхе восстановление проходит быстрее в положении лежа на спине с поднятыми вверх расслабленными ногами. В качестве активного отдыха применяют ходьбу, упражнения на растягивание, висы.

5.2. Силовые упражнения в системе смежных занятий

Адаптация к силовым нагрузкам проходит быстрее, если в течение определенного периода вид и порядок сочетания упражнений остаются стандартными, а варьируются только величина отягощения и число подходов. Однако чрезмерно продолжительное использование одного и того же комплекса ведет к тому, что его выполнение становится привычным и вызывает малые адаптационные сдвиги, которые достигаются главным образом путем увеличения объема работы, что не всегда возможно и желательно. Кроме этого, однообразное выполнение одних и тех же упражнений психологически очень утомительно. Поэтому рекомендуется, используя в системе нескольких смежных занятий какой-либо комплекс силовых упражнений, периодически менять его. Частота смены в разных условиях различна – примерно раз в 2 – 6 недель.

В тренировочных микроциклах (например, недельных) силовые упражнения в разных видах спорта включают в различные дни цикла. В скоростно-силовых видах силовые упражнения рекомендуется включать в первый день цикла, сразу после дня отдыха, в таком случае они выполняются на фоне оптимального состояния ЦНС, когда не сказывается утомление от предшествующих занятий, и поэтому дают больший эффект.

Частота занятий силовыми упражнениями зависит от ряда факторов, в частности от подготовленности занимающихся. Экспериментально установлено, что у начинающих 3 занятия в неделю дают больший эффект, чем 1, 2 или 5 занятий. У квалифицированных спортсменов частота занятий может быть выше.

Эти рекомендации относятся к силовым упражнениям общего воздействия, так как работоспособность в наиболее мощных мышечных группах восстанавливается относительно медленно. В мелких мышечных группах восстановление идет быстрее, поэтому локальные силовые упражнения можно выполнять значительно чаще.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Силовые способности необходимы во всех видах спорта, но в разной мере и в разных соотношениях. В одних видах спорта требуется в большей мере собственно силовые способности, в других – скоростно-силовые, в третьих – силовая выносливость. Однако в каком бы виде спорта ни специализировался спортсмен, его тренировка должна включать воспитание собственно силовых способностей, скоростно-силовых способностей и силовой выносливости, но в разных соотношениях.

2. Сила мышц – понятие конкретное и проявляется она в конкретных условиях и целенаправленно, а условия проявления силы мышц в спортивной деятельности очень разнообразны. Поэтому при выборе средств и методов специальной силовой подготовки необходимо ориентироваться на основные особенности проявления силы мышц при спортивных движениях.

3. Значительное увеличение абсолютной (максимальной) силы мышц может быть обеспечено в равной мере методом повторных усилий и методом кратковременных максимальных напряжений, а также изометрическими напряжениями. Однако в каждом из них приобретаемая сила имеет специфическую окраску.

Метод повторных усилий целесообразен на начальных этапах развития силы мышц, а также там, где решающую роль играет величина силы, а быстрота ее проявления не имеет решающего значения. Повторная работа с умеренным отягощением (до 50 – 60% от максимального отягощения) и большим числом повторений способствует увеличению мышечной массы. При большом отягощении (до 90 – 95% от максимального) и ограниченном числе повторений сила растет быстрее, а прирост мышечной массы выражен меньше. Повышение тренирующего эффекта достигается путем увеличения веса отягощения и объема работы.

Метод кратковременных максимальных напряжений, увеличивая абсолютную силу мышц без существенного прироста мышечной массы, одновременно совершенствует способность к относительно быстрому проявлению силы. Этот метод целесообразен там, где метод повторных усилий уже не дает эффекта в развитии силы и где требуется быстрое повышение уровня силы в относительно короткое время при небольшом объеме работы. Метод кратковременных максимальных напряжений эффективен для поддержания достигнутого уровня силовой подготовленности, общей тониза-

ции нервно-мышечного аппарата и приобретения спортивной формы. Повышение тренирующего эффекта достигается путем увеличения максимального веса отягощения, а также средней величины веса, поднятого в тренировочном занятии при некотором сокращении числа подходов и повторений.

Изометрические напряжения с медленным повышением усилия хорошо развивают абсолютную силу без прироста мышечной массы, обеспечивают общую тонизацию нервно-мышечного аппарата. Этот метод может использоваться для поддержания достигнутого уровня развития силы. Он целесообразен там, где быстрота движения не имеет значения, а также в тренировке подготовленных спортсменов. Повышение уровня тренирующего эффекта достигается главным образом за счет максимума напряжения, увеличивающегося по мере роста силы мышц.

4. Методика развития быстрой силы предполагает упражнения преимущественно с небольшими отягощениями (около 20% от максимальной силы) при сочетании их (для ациклических однократных упражнений) с весом до 40% от максимума в соотношении 5:1. Режим работы должен соответствовать специализируемому упражнению (циклический, ациклический) и учитывать начальные условия развития усилия (из расслабленного, предварительно напряженного или растянутого состояния мышц).

Пути совершенствования методики развития быстрой силы следует искать в определенном сочетании средств, учитывающем положительное последствие предыдущей работы на последующую работу, и использовании упражнений, в которых сила мышц действует против инерции отягощения, а не против веса.

В процессе развития быстрой силы применительно к движениям ациклического характера не должно быть места утомлению. Но утомление становится необходимым компонентом тренировки при развитии быстрой силы в движениях циклического характера, где требуется скоростная выносливость.

5. Силовая выносливость должна развиваться на базе предварительно развитой общей выносливости. Причем, лучший способ развития силовой выносливости – выполнение соревновательного упражнения в затрудненных условиях или в большом объеме. Однако это не исключает и использования специальных силовых упражнений. Для развития силовой выносливости применяется в основном повторная работа с весом 25 – 50% от максимальной силы в среднем темпе (60 – 120 раз в минуту). Причем, при

работе с одинаковым весом и в одинаковом темпе эффективность развития силовой выносливости будет выше, если работа выполняется до полного утомления («до отказа»). Вес отягощения определяется исходя из динамики, присущей специализируемому упражнению.

6. Разнообразие условий работы мышц при спортивной деятельности обуславливает различный характер функционирования двигательного аппарата, а следовательно, преимущественное развитие тех или иных силовых способностей. Выделение четырех типов силовых способностей мышц довольно условно, так как все они, несмотря на присущую им качественную специфичность, определенным образом взаимосвязаны как в своем проявлении, так и в своем развитии. В чистом виде они не проявляются и входят в качестве компонентов в любое двигательное проявление человека. Причем, наиболее характерной для спортивной деятельности силовой способностью является взрывная сила мышц, проявляемая в ациклическом или циклическом движении. В первом случае движение отличается мощностью работы мышц, во втором – необходимостью относительно долго сохранять оптимальный уровень его мощности; принимая во внимание, что взрывной характер проявления усилия в той или иной мере (в зависимости от внешних условий) обеспечивается наличием абсолютной или быстрой силы мышц, то, по существу, две генеральные способности – взрывная сила и силовая выносливость – лежат в основе реализации всего разнообразия спортивных движений человека.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анатомия человека: учебник для студентов ин-тов физ. культ. / под ред. В.И. Козлова. – М.: Физкультура и спорт, 1978. – 463 с.
2. Верхошанский, Ю.В. Основы специальной силовой подготовки в спорте / Ю.В. Верхошанский. – М.: Физкультура и спорт, 1977. – 215 с.
3. Верхошанский, Ю.В. Основы специальной физической подготовки спортсменов / Ю.В. Верхошанский. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 331с.
4. Кулиненко, О.С. Технология атлетизма. Советы спортивного врача / О.С. Кулиненко. – Самара, 2002. – 270 с.
5. Матвеев, Л.П. Основы спортивной тренировки: учеб. пособие для ин-тов физ. культ. / Л.П. Матвеев. – М.: Физкультура и спорт, 1977. – 271 с.
6. Спортивная физиология: учебник для ин-тов физ. культ. / под ред. Я.М. Коца. – М.: Физкультура и спорт, 1986. – 240 с.
7. Теория и методика физического воспитания: учебник для ин-тов физ. культ. / под общ. ред. Л.П. Матвеева, А.Д. Новикова. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Т. 1. – М.: Физкультура и спорт, 1976. – 304 с.
8. Физиология человека: учебник для ин-тов физ. культ. / под ред. Н.В. Зимкина. – М.: Физкультура и спорт, 1975. – 496 с.
9. Физиология мышечной деятельности: учебник для ин-тов физ. культ. / под ред. Я.М. Коца. – М.: Физкультура и спорт, 1982. –347 с.

1. СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОРГАНИЗМА.....	4
2. СТРОЕНИЕ МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ	8
2.1. Строение мышцы как органа.....	9
2.2. Механизм сокращения мышечного волокна.....	12
2.3. Кровоснабжение и иннервация мышцы	15
2.4. Состав и структура скелетных мышц	17
2.5. Регуляция напряжения мышц.....	18
2.6. Части и формы мышц.....	21
2.7. Вспомогательные аппараты мышц	22
2.8. Классификация мышц	23
2.9. Виды и режимы работы мышц	23
3. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВОСПИТАНИЯ МЫШЕЧНОЙ СИЛЫ И СКОРОСТНО-СИЛОВЫХ КАЧЕСТВ	25
3.1. Сила как физическое качество. Режим работы мышц.....	25
3.2. Зависимость силы от условий ее проявления	26
3.3. Виды силовых способностей	28
3.4. Физиологические основы мышечной силы.....	30
3.5. Мышечная сила и вес собственного тела	37
4. ОСНОВЫ МЕТОДИКИ СИЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ В СПОРТЕ	38
4.1. Задачи по воспитанию силовых способностей	38
4.2. Средства воспитания силовых способностей	38
4.3. Основные методические направления воспитания силовых способностей	40
4.4. Разминка как стимулятор повышения работоспособности организма при физической деятельности.....	51
4.5. Правила регулирования дыхания	52
5. СИЛОВЫЕ УПРАЖНЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЗАНЯТИЙ	53
5.1. Силовые упражнения в отдельном занятии	53
5.2. Силовые упражнения в системе смежных занятий	54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	55
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	58