

**ШАЛМАНОВ А.Л.  
ЗАФЕСОВА.М  
ДОРОНИНА.М.**

**БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ  
ОСНОВЫ  
ВОЛЕЙБОЛА**

г. Майкоп 1998

OCR: <http://nskvolley.narod.ru>

Spellchecked: **Су-27**



[su27@inbox.ru](mailto:su27@inbox.ru)

**2004 год**

**данная книга может  
использоваться  
третьими лицами  
только с соблюдением  
соответствующих  
положений  
действующего  
законодательства**

Печатается по решению редакционно-издательского  
Совета Адыгейского государственного университета

Ответственный редактор : **Коблев Я.К.** - доктор  
педагогических наук, профессор, член-корреспондент РАО,  
заслуженный тренер СССР, I

Рецензенты : **Чермит К.Д.**, доктор педагогических  
наук, профессор Адыгейского государственного  
университета; **Костоюков В.М.**, доктор педагогических наук,  
профессор Кубанской академии физической культуры и  
спорта.

**Шалманов А.А., Зафесов А.М., Доронин А.М.**  
Биомеханические основы волейбола. - Майкоп : Изд - во  
Адыгейского государственного университета, 1998. - 92 с., с  
ил.

**ISBN 5 - 85108 - 054 - X**

Авторам книги удалось выявить роль отдельных  
мышечных групп задней поверхности бедра и голени, а также  
влияние простых и сложных двигательных актов на  
эффективность выполнения прыжков, которые являются  
одними из важнейших технико-тактических действий в  
волейболе. Особый интерес имеет рассмотрение  
биотехнических основ технических приемов в волейболе во  
взаимосвязи с особенностями строения опорно-двигательного  
аппарата нижних конечностей, а также рассмотрение  
зависимости "сила-угол" для волейболистов.

Книга предназначена для тренеров по волейболу и  
преподавателей физической культуры высших учебных  
заведений.

**ISBN 5 - 85108 - 054 - X**

© Адыгейский государственный университет, 1998.

# ОГЛАВЛЕНИЕ :

Предисловие .....	5
ГЛАВА 1. БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИЗОЛИРОВАННОЙ МЫШЦЫ И ФИЗИЧЕСКИЕ СПОСОБНОСТИ СПОРТСМЕНА .....	7
1.1. Трехкомпонентная модель мышцы .....	7
1.2. Режимы сокращения мышцы .....	13
1.2.1. Преодолевающий режим .....	13
1.2.2. Статический режим .....	15
1.2.3. Уступающий режим .....	16
ГЛАВА 2. ОСНОВНЫЕ БИОМЕХАНИЗМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОЛЕЙБОЛИСТА С ОПОРОЙ .....	20
2.1. Биомеханизм разгибания ноги выпрямления туловища	21
2.1.1. Мышцы, определяющие эффективность проявления био механизма разгибания ног и выпрямления туловища .....	21
2.1.1.1. Зависимость "сила-угол" для мышц-разгибателей голеней .....	22
2.1.1.2. Зависимость силы давления на опору от угла в коленном суставе .....	22
2.1.1.3. Теоретическое обоснование роли двусуставных мышц нижних конечностей во взаимодействии с опорой .....	25
2.2. Оптимум сгибания ног в коленном суставе .....	28
2.3. Разгибание суставов нижних конечностей .....	32
2.4. Механические основы перемещения в волейболе .....	33
2.5. биомеханические основы взаимодействия волейболистов с опорой .....	34
2.6. Вклад суставных движений .....	37
2.7. Биомеханизм маховых движений руками .....	38
2.7.1. Механические основы маховых движений руками .....	38

2.7.2. Биомеханические основы рациональной техники маховых движений руками.....	41
2.7.3. Вклад биомеханизма маховых движений.....	44
2.8. Биомеханизм "Перевернутого маятника" - поворот тела	
ГЛАВА 3. БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ В ВОЛЕЙБОЛЕ.....	
3.1. Биомеханика нападающего удара и современной подачи .....	48
3.1.1. Рекуперация энергии упругой деформации в мышцах	
3.1.2. ....	Оптимальное расстояние между стопами 52
ГЛАВА 4. ТОЧНОСТЬ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ В ВОЛЕЙБОЛЕ .....	
4.1. Показатели точности двигательных действий .....	61
4.1.1. Особенности полета мяча .....	63
4.1.2. Точность приема мяча .....	66
4.1.2.1. Роль зрительного анализатора.....	70
ГЛАВА 5. КОНТРОЛЬ ЗА ФИЗИЧЕСКИМИ СПОСОБНОСТЯМИ ВОЛЕЙБОЛИСТОВ .....	
5.1. Тестирование в волейболе.....	75
5.1.2. Биомеханическое обоснование оценки прыжковой подго-	
5.1.3. Контроль за специальной силовой подготовленностью .....	80
5.1.4. Прыжковая выносливость волейболистов .....	80
Заключение.....	84
Библиография .....	86

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Совершенствование спортивно-технического мастерства и развитие скоростно-силовых способностей спортсменов, а также подготовка преподавателей и тренеров по виду спорта требуют ответа на один из главных вопросов педагогики - чему учить? Прежде чем ответить на этот вопрос, необходимо определить сам предмет обучения и его содержание, то есть, что должен знать тренер для правильного выбора средств и методов тренировки, в частности, волейболистов. Очевидно, что предметом обучения в волейболе являются:

1. Взаимодействие спортсмена с опорой при перемещении по площадке.
2. Основы техники прыжковых упражнений.
3. Техника владения мячом, включая и технику выполнения двигательных действий при его приеме, передачах, нападении и защите.
4. Физические способности волейболиста - гибкость, выносливость, силовые и скоростные (включая элементарные формы проявления скоростных способностей - латентное время реакции, время выполнения элементарных движений и темп движений), а также ловкость, определяемая точностью выполнения движений (целевая точность).
5. Тактическая подготовка каждого игрока и всей команды в целом.

В настоящей книге раскрывается в большей или меньшей степени содержание предмета обучения первых четырех пунктов с позиций биомеханических особенностей строения и функции опорно-двигательного аппарата человека. При изложении материала авторы стремились найти ответы на следующие вопросы:

1. Что движется?

Опорно-двигательный аппарат человека. Он состоит из костных рычагов и двигателей - мышц.

2. Каковы биомеханические свойства  
мышцы и как они  
влияют на физические способности спортсменов?  
Биомеханические свойства мышц отражают  
ее строение (биомеханическая модель), которое  
должно учитываться при выборе средств и  
методов тренировки.

3. Как движется спортсмен и почему так, а не  
иначе?  
Потому что он, во-первых, движется в поле  
тяготения  
земли и, следовательно, его движения можно  
описать законами Ньютоновской механики и, во-  
вторых, его двигательные действия определены  
особенностью строения опорно-двигательного  
аппарата и аппарата управления.

Конкретизация содержания предмета  
обучения волейболистов в логической цепи  
поставленных вопросов и ответов на них,  
позволит удовлетворить запросы практики,  
самоцели того, а как надо:  
- выполнять двигательное действие;  
- выбирать упражнение с учетом режима  
сокращения  
мышц и природы внешних сил, которые  
вынуждены преодолевать эти мышцы, на какие структурные  
элементы мышц  
при этом будет оказано максимальное воздействие  
и т.д.

В настоящей книге не содержится материал,  
касающийся непосредственно методики обучения  
волейболистов но в ней вы можете найти, на наш  
взгляд, ценные сведения без которых нельзя  
профессионально подходить к проблеме  
тренировки.

# ГЛАВА 1

## БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИЗОЛИРОВАННОЙ МЫШЦЫ И ФИЗИЧЕСКИЕ СПОСОБНОСТИ СПОРТСМЕНА

Основная функция мышцы состоит в преобразовании химической энергии в механическую работу и силу. Главными биомеханическими показателями, характеризующими деятельность мышцы, являются сила тяги мышцы, скорость и величина изменения ее длины [25].

### 1.1. Трехкомпонентная модель мышцы

При ознакомлении с биомеханическими свойствами изолированной мышцы наибольший интерес, с практической точки зрения, должна представлять ее Трехкомпонентная модель, в которой достаточно полно отражены ее морфологическая структура и функциональные свойства (Рис. 1 - I, II) [70].

В виде поршня изображены мышечные волокна, способные укорачиваться в активном состоянии. Скорость укорочения мышцы зависит от ее длины (положительная связь) и процентного соотношения в пей быстрых (БМВ) и медленных (ММВ) мышечных волокон. Известно, например, что у спринтеров мышцы нижних конечностей содержат до 80 % БМВ, а у стайеров - около 20 % [46].

Учитывая, что количество двигательных единиц (и волокон) устанавливается в мышце через 4 - 5 месяцев после рождения и не меняется в течение жизни, а их процентное соотношение определяется наследственными факторами, то можно утверждать и о наследственности трех типов двигательной деятельности - быстрой, но кратковременной; медленной, но длительной; промежуточной.

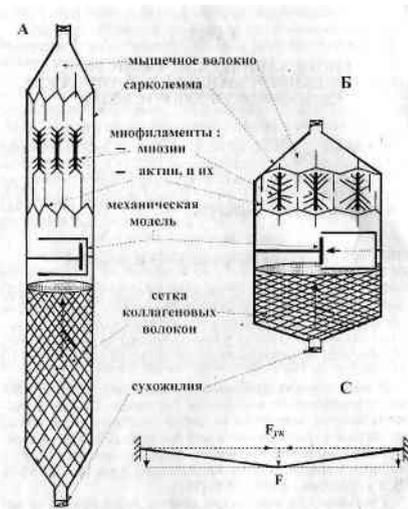


Рис. 1. Биомеханические свойства мышцы.  
Трехкомпонентная модель мышцы (по А. Хилу).

Элементами биомеханической модели мышцы являются упругие компоненты, расположенные последовательно (Пос УК) и параллельно (Пар УК) по отношению к сократительному компоненту (СК). К Пос УК относят главным образом сухожилие мышцы, через которое, по классической теории А. Хилла, сократительный компонент передает усилие на костный рычаг.

Согласно другой теории сокращения мышцы, ее сократительный компонент не передает усилие на сухожилие (Пос УК), а создает поперечное давление на коллагеновую сетку, вызывая изменение ориентации ее нитей (угла их наклона к продольной оси мышечного волокна). Поскольку объем коллагеновой капсулы относительно постоянен, то происходит ее укорочение, а, следовательно, и укорочение мышечного волокна (Рис. 2 - А, Б) [16].

Многие экспериментальные данные, полученные с помощью электронного микроскопа, подтверждают эту теорию. Действительно, сократительный компонент в активном состоянии по своей механической прочности в десятки раз слабее сухожилия. Так, как же передается усилие на кость слабым последовательным звеном через Пос УК?

Из курса физики известно, что незначительное перпендикулярное усилие ( $F$ ) на натянутый трос вызывает, по правилу параллелограмма, огромные силы на сближение ее концов -  $F_{\text{в}}$ . (Рис. 2 - С). Трудно поверить в то, что за столь долгий эволюционный путь своего развития природа "не воспользовалась" этим законом для "построения" мышцы.

И все же, несмотря на то, что мы и посеяли зерно сомнения, можно обсуждать эти вопросы в рамках классической модели мышцы. Предоставляем вам возможность самим воспользоваться второй моделью для обсуждения и интерпретации материала этого раздела книги.

Вся мышца и отдельные ее группы волокон (100 - 150 волокон) заключены в упругие коллагеновые капсулы, называемые соответственно эпимизиум и перимизиум. Каждое мышечное волокно также "упаковано" в упругую коллагеновую капсулу - эндомизиум (Рис. 1 - Па). Эти морфологические образования представлены в рассматриваемой биомеха-

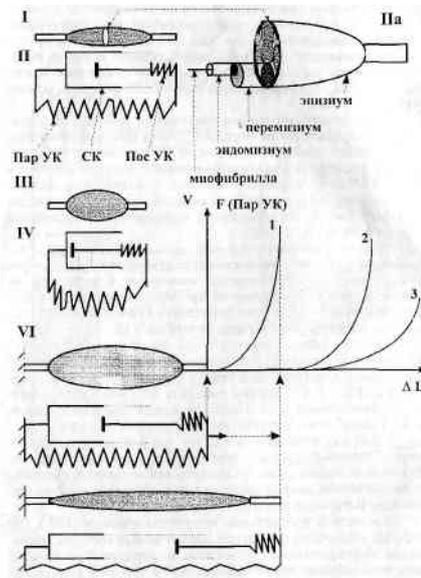


Рис. 2. Биомеханическая модель мышцы (по А. Вайнсу) [16].

нической модели мышцы как Пар УК.

Из биомеханической модели видно, что при механическом растяжении пассивной мышцы основное сопротивление будет оказывать Пар УК (Рис. 1 -  $V_1$ ,  $V_2$ ). В зависимости от длины коллагеновых капсул мышц и процентного содержания коллагена в них (площади поперечного сечения Пар УК) это сопротивление будет проявляться раньше (!) или позже (2, 3) и, соответственно, с большей или меньшей силой (Рис. 1 -  $V_2$ ,  $V_3$ ). Установлено, что в зависимости от типа мышц на долю коллагена ее соединительной ткани приходится от 3 до 30 % белков, входящих в состав мышцы.

Возникает вопрос: можно ли специальными упражнениями увеличить длину Пар УК и, как следствие, размах движений (тренировка гибкости)?

Результаты исследований указывают на естественное увеличение гибкости у лиц, не занимающихся спортом до начала периода полового созревания (11-12 лет). Затем размах движений существенно не изменяется приблизительно до 28 лет. Далее происходит уменьшение гибкости, и выполнять упражнения, типа "стретчинг", следует с особой осторожностью. Специальные упражнения значительно увеличивают гибкость, как в первом, так и во втором периодах, но наиболее благоприятным для воздействия физическими упражнениями на Пар УК мышц является первый период.

Существуют несколько способов тренировки гибкости. Суть их сводится к механическому растягиванию расслабленных мышц воздействием (желательно с помощью партнера) на костный рычаг до момента появления болевых ощущений, и для преодоления последних рекомендуют:

- а) сразу вернуть сегмент тела ("конечность") в исходное положение (начальный этап тренировки);
- б) удерживать конечность в таком положении не менее 10 секунд для уменьшения рефлекторного возбуждения мышцы в ответ на ее растягивание.

По мере улучшения гибкости до желаемой можно начать выполнять эти упражнения с максимальным напряжением мышцы к моменту завершения их растягивания (или при любой ее длине). В этом случае значительному механи-

ческому воздействию подвергаются коллагеновые структуры не только Пар УК, но и Пос УК, т.е. сухожилие мышцы.

Эксперименты на группах юных гимнастов показали, что прирост гибкости был больше в той группе, где эти упражнения выполнялись на фоне болевых ощущений.

Сравнительный анализ показателей гибкости показал, что специфика спортивной деятельности (специализация) существенно влияет на данное физическое свойство мышцы. Так, у представителей художественной гимнастики и пловцов гибкость более развита, чем у ироиков. Низкие показатели гибкости наблюдаются у штангистов. Тренировка силы существенно ухудшает гибкость. Это объясняется тем, что увеличение поперечного сечения сократительного компонента мышц происходит достаточно быстро, особенно в наиболее благоприятный для этого послепубертатный период (после периода полового созревания), а объем коллагеновых капсул почти не изменяется. В результате этого, решетка коллагена поворачивается под более тупым углом к продольной оси волокна, и сухожилия приближаются друг к другу - мышца укорачивается и гибкость ухудшается.

Вообразите, что на рисунке 2 - Б мышца не напряжена, а расслаблена. Предположим, что большой объем ее сократительного компонента есть результат длительного тренировки. Сопоставим с рисунком 2 - А, т.е. как бы до тренировочного цикла. Применение упражнений на гибкость увеличит длину коллагеновой капсулы и позволит сохранить неизменной длину мышцы при гипертрофии сократительного компонента.

Следовательно, необходимо сначала (желательно в более раннем возрасте) добиться значительной гибкости (длины Пар УК) и в дальнейшем при силовой тренировке стремиться ее поддерживать с помощью специальных упражнений.

Контроль за ходом тренировки следует осуществлять на основе измерения показателей активной и пассивной гибкости [61]. Первый максимальный угол - на который спортсмен сам может активностью мышц антагонистов повернуть конечность. Второй максимальный угол - на который может

повернуть вашу конечность тренер или партнер до момента появления болевых ощущений. В первом и во втором случаях растягиваемые мышцы должны быть расслаблены. Тренировке гибкости должна предшествовать разминка. Основная ее цель - хорошо разогреть мышцу, чтобы избежать травм (разрыва Пар УК и Пос УК).

## **1.2. Режимы сокращения мышцы**

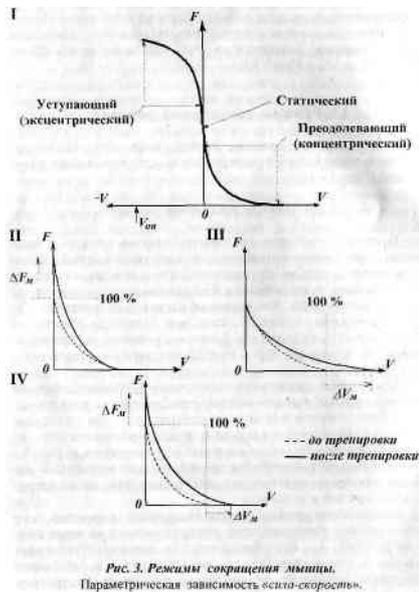
В биомеханике принято рассматривать три режима сокращения мышцы: преодолевающий, статический и уступающий (Рис. 3 - 1.).

### **1.2.1. Преодолевающий режим**

В преодолевающем (концентрическом) режиме концы мышцы сближаются со скоростью, как уже отмечалось выше, зависящей только от композиции мышечных волокон и длины мышцы, и не зависящей от площади ее поперечного сечения при условии, что внешняя нагрузка отсутствует. По мере увеличения внешней нагрузки скорость будет все больше зависеть от площади физиологического поперечника мышцы, величина которого определяет максимальную силу тяги мышцы.

В реальных движениях тренировка в преодолевающем режиме с максимальными весами или близкими к ним увеличивает силу сократительного компонента во всем диапазоне изменения его длины по причине гипертрофии волокон, но не изменяет максимальную скорость его укорочения (Рис. 3 - II). Очевидно, что волейболистам нет смысла применять подобные величины отягощений для тренировки мышц верхних конечностей и туловища.

Выполнение движений с максимальной скоростью, но с минимальными отягощениями увеличивает скоростные способности (Рис. 3 - III). Вероятно, это связано с упругими свойствами сухожилия мышцы, меняющимися в результате тренировки. Кроме этого приобретает навык быстрого и



одновременного включения всех сократительных компонент мышцы, которые успевают растянуть и накопить энергию упругой деформации в Пос УК до момента начала движения конечности. Далее происходит сложение скорости укорочения сократительного компонента со скоростью укорочения Пос УК мышцы.

При медленных движениях этот эффект не наблюдается, поскольку сухожилие выполняет роль жесткого троса, передающего на кость усилие только сократительного компонента, которое и будет определять скорость конечности.

При тренировке с отягощениями в диапазоне 40 - 60 % от максимума, наблюдается увеличение максимальной силы тяги и скорости укорочения мышцы (Рис. 3 - IV). Однако оно не столь велико, как в каждом из рассмотренных случаев в отдельности [25].

Эти данные можно учитывать при тренировке скорост-но-силовых возможностей сократительных компонентов мышц нижних конечностей волейболистов.

#### 1.2.2. Статический режим

В статическом режиме сократительный компонент проявляет максимальную силу тяги при неизменной длине всей мышцы. Ее сократительный компонент незначительно укорачивается, растягивая при этом на такую же величину Пос УК. Именно поэтому после тренировки в статическом режиме, например, при угле 90°, сила тяги сократительного компонента увеличивается на незначительном изменении длины мышцы, измеряемом угловым перемещением в суставе не более  $\pm 10^\circ$ .

Статический режим тренировки мышц нижних конечностей следует применять, например, при положениях ног, характерных для приема мяча после подачи и нападающего удара. Если напряжение мышцы не максимально (не более 60 % от максимума), то, по данным и предположению ряда авторов, в работу включаются только медленные мышечные волокна. При длительном статическом напряжении (равно как и при частичной динамике, например, приседание до уг-

### Глава I

ла в коленном суставе  $110^\circ$  с последующим неполным вставанием до  $350^\circ$  и вновь приседанием до  $110^\circ$ , и т. д.) уменьшается их кровоснабжение. Тренировочный эффект будет проявляться в увеличении числа митохондрий, а следовательно, и выносливости медленных мышечных волокон [60]. Максимальное и одновременно длительное напряжение мышцы позволит тренировать силу тяги сократительных компонентов всех мышечных волокон, но для конкретной позы.

#### **1.2.3. Уступающий режим**

Уступающий (эксцентрический) режим - есть не что иное, как механическое растягивание активной мышцы, предшествующее ее укорочению. В спортивной практике известно, что, например, предварительный замах или быстрое подседание увеличивают, соответственно, скорость вылета спортивного снаряда и высоту прыжка.

Классические исследования, проведенные А. Хиллом в период с 1923 по 1967 годы по определению основных механических свойств мышцы (в качестве объекта - портяжная мышца лягушки), послужили началом активного изучения феноменологии упругих свойств ее у человека и, в частности, в спортивной деятельности.

В связи с этим увеличилось количество работ, посвященных изучению влияния тренировки в уступающем режиме на эффективность выполнения упражнения [3, 4, 77, 78, 82, 97, 100 и др.].

Эксперименты показали, что величина сопротивления мышцы механическому растягиванию находится в нелинейной зависимости от скорости ее растягивания (Рис. 3 - 1). Превышение оптимальной скорости растягивания может привести к разрыву коллагеновых капсул мышцы. Следовательно, при тренировке в уступающем режиме основное воздействие оказывается на Пар УК и Пос УК мышцы.

В качестве основного условия возникновения сил упругой деформации, А. Хилл указывает на необходимость растягивания активной мышцы. В этом случае накопленная энср-

гия упругой деформации реализуется при последующем укорочении 15-кратного увеличения совершаемой работы на 30 - 80 % по отношению к той, которую могла совершить мышца в преодолевающем режиме, но без предварительного ее растягивания.

Обобщая результаты исследований, отмтим, что величина силы сопротивления активной мышцы в уступающем режиме зависит от:

- величины активации мышцы;
- длины, на которую растягивают мышцу;
- скорости ее растягивания;
- величины интервала времени от момента ее

возбуждения до начала растягивания мышцы (но укорочение сокротительного компонента еще не происходит). Этот временной интервал необходим для обеспечения развития активного сокращения во всех мышечных волокнах. По данным А. Хилла (1972), В.Р. Jewel, D.R. Wilkie (1958), его величина составляет 0,05-0,08 с.

В экспериментах, проведенных при анализе прыжковых упражнений, установлен факт появления электрической активности в мышцах нижних конечностей за указанный выше промежуток времени до момента постановки ног (ноги) на опору. Так, в прыжках вверх с одного шага и при выполнении нападающего удара в волейболе электрическая активность отдельных мышечных групп была зарегистрирована за 0,05 - 0,1 с до постановки ног на опору [47, 82]. По мнению Y. Melvill - Gones, D.Y. Watt (1971), это явление носит пре-программированный характер [91]. У спортсменов низкой квалификации активность появляется позже - в момент постановки ног на опору. Следовательно, можно предположить, что эта ^запрограммированность есть результат тренировки.

Очное определение этого временного интервала позволяет создать тренажер для тренировки мышц нижних конечностей в уступающем режиме. Например, спортсмен максимально быстро и сильно напрягает четырехглавую мышцу бедра, а электронномеханическое устройство, включаемое электрической активностью этой мышцы с задержкой в 0,1 с,

сгибает против желания спортсмена ногу в коленном суставе с необходимой скоростью и амплитудой.

В связи с особенностью строения опорно-двигательного аппарата человека, механическое воздействие на мышцу для обеспечения уступающего режима ее сокращения (растягивание) возможно лишь через механическое воздействие на костный рычаг. Учитывая, что мышца крепится близко к оси вращения рычага, такое воздействие не представляет труда. Можно также искусственно увеличить плечо рычага. Но для обеспечения уступающего режима двусуставной мышцы потребуются приложить усилия к двум рычагам, например, сгибание в одном суставе и одновременное разгибание в другом (См. раздел 2.1.3., Рис. 6).

Учитывая, что большинство двигательных действий в волейболе носит прыжковый характер, то следует применять упражнения и тренажеры, направленные на тренировку упругих компонентов соответствующих мышц с целью увеличения их вклада в силу отталкивания от опоры.

Ряд исследований наталкивают на мысль о том, что, как и печень человека, являющаяся депо крови, так и коллаген мышц является депо воды, определяющим, очевидно, упругие свойства мышц. Чрезмерные нагрузки в уступающем режиме, вероятно, ведут к дегидратации коллагена и, как следствие, к потере ее упругих свойств и к травмам. Поэтому, нет необходимости, в связи с этим, ограничивать себя в приеме воды (в разумных пределах).

О пользу данного предположения можно привести следующие факты. Из физики известно, что сопротивление пружины зависит от величины ее растягивания, но не от скорости. Однако, сопротивление активной мышцы, как и водной среды, находится в квадратичной зависимости от скорости ее растягивания.

Рассмотренный в данном разделе материал позволяет сделать практический вывод о том, что выбор упражнений в тренировочном процессе необходимо проводить с учетом режима сокращения мышцы и особенностей ее биомеханического строения и свойств. Преодолевающий режим в большей мере обеспечивает

влияние на быстрые и медленные структуры сократительного компонента, изменяя их скоростно-силовые свойства и выносливость (в зависимости от величины внешнего сопротивления, скорости и амплитуды выполняемого движения).

Статический режим сокращения мышц может применяться для тренировки силовых свойств сократительного компонента, но только для стандартных и наиболее важных поз спортсмена, а также для воздействия на последовательный упругий компонент при тренировке гибкости.

Уступающий режим сокращения мышц вызывает адаптацию ее упругих компонентов. Как это будет показано в следующих разделах, существуют оптимальные амплитуды движений и скорости растягивания мышц в зависимости от типа прыжковых движений в волейболе. Добавим лишь, что на скорость растягивания мышц нижних конечностей значительно влияет тип покрытия опорной поверхности и модель спортивной обуви.

## ГЛАВА 2

### ОСНОВНЫЕ БИОМЕХАНИЗМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОЛЕЙБОЛИСТА С ОПОРОЙ

Основу локомоторных движений волейболиста на площадке составляют перемещения и прыжки, как с места, так и с разбега. Рациональность и эффективность их выполнения определяет в значительной мере успех индивидуальных групповых и командных действий в нападении и в защите.

Перемещения и прыжковые упражнения применяются во многих видах спорта, включая и игровые. К настоящему времени по ним накоплен обширный исследовательский материал [72, 73].

Обобщение этих материалов позволило этим авторам сформулировать вывод о том, что взаимодействие с опорой обеспечивается проявлением следующих трех основных биомеханизмов:

1. Разгибание ног и выпрямление туловища.
2. Движение маховых звеньев.

3. Новоротное движение тела как целого относительно точки опоры (*"Механизм перевернутого маятника"*) [72, 73]

Каждый из перечисленных биомеханизмов может выполняться независимо от другого и приводить к изменению положения и скорости общего центра масс (тяжести) тела ОЦМ. Любой из видов двигательной деятельности может "складываться" из одного или нескольких биомеханизмов (взаимосвязанных по динамическому уровню), вклад которых различен.

Понимание феноменологии и закономерностей проявления каждого из биомеханизмов, с учетом режима сокращения мышц, позволит правильно организовать процесс тренировки и обучения рациональной технике выполнения движения.

тельных действий.

## **2.1. Биомеханизм разгибания ног и выпрямления туловища**

Феноменология этого механизма во всех видах перемещений и прыжков в волейболе сводится к следующим трем основным факторам :

- оптимальному сгибанию ног (ноги) в коленном суставе в зависимости от начальных условий выполнения отталкивания от опоры;
- последовательному разгибанию тазобедренного и коленного суставов при отталкивании;
- разнонаправленному изменению углов в тазобедренном и коленном суставах при амортизации (уступающий режим) и последующем разгибании ноги в коленном суставе.

Объяснение этих факторов с практической точки зрения следует начать с определения роли основных групп мышц нижних конечностей в различных видах взаимодействия волейболистов с опорой.

### **2.1.1. Мышцы, определяющие эффективность проявления биомеханизма разгибания ног и выпрямления туловища**

Для выяснения вопроса о том, какие мышцы являются ведущими в обеспечении эффективного отталкивания в различных типах прыжков, были проведены два эксперимента [32].

В первом эксперименте проверялись известные в литературе факты о нелинейной зависимости между усилием, создаваемым четырехглавой мышцей бедра, и углом сгибания в коленном суставе.

Во втором эксперименте - выяснилась роль мышц задней поверхности бедра и голени в создании суммарного усилия давления на опору.

#### 2.1.1.1. Зависимость "сила-угол" для мышц-разгибателей голени

Изучение этого вопроса представляет особый интерес для практиков, поскольку тестирование силовых возможностей мышц нижних конечностей спортсмена в различных видах спорта сводится к определению характера и величины зависимости "сила-угол".

В спортивной метрологии и морфологии спорта принято сравнивать и представлять топографию мышц спортсменов именно по показателям силы мышц сгибателей и разгибателей, измеренной при угле, например, в коленном суставе, равном  $90^\circ$ .

На графике II рисунка 4 представлена зависимость средних значений максимальной силы (статический режим сокращения), развиваемой мышцами передней поверхности бедра, от угла в коленном суставе у начинающих волейболистов. Видно, что максимум этих сил наблюдается при углах в диапазоне от  $90^\circ$  до  $120^\circ$ .

Обнаружено, что динамика изменения кривых имеет сходство у всех испытуемых, но в то же время носит ярко выраженный индивидуальный характер в величинах углов, при которых наблюдается максимум силы (Рис. 4). Для тестирования спортсменов можно сделать соответствующий вывод: нельзя сравнивать силовые возможности этой мышцы у разных людей при угле в коленном суставе в  $90^\circ$ , так как каждый из испытуемых проявляет его при некотором оптимальном угле.

Обращает на себя внимание тот факт, что сила анализируемой мышцы резко уменьшается при разгибании ноги в коленном суставе больше  $120^\circ$ . Данные согласуются с опубликованными ранее в литературе [58, 59].

#### 2.1.1.2. Зависимость силы давления на опору от угла в коленном суставе

Во втором эксперименте спортсмен сидя осуществляет давление стопой на тензоплатформу при различных углах в

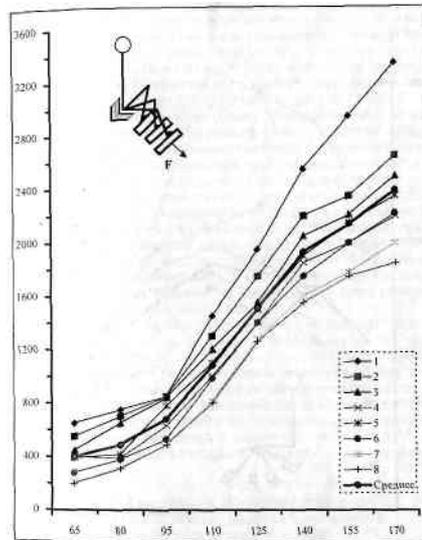


Рис. 4. Силовые возможности начинающих волейболистов.  
График 1 «Взаимосвязь между силой давления на оторку и углом в коленном суставе».

коленном суставе (Рис. 4, график I) [32].

Графики этой зависимости свидетельствуют об очень высокой, почти функциональной, нелинейной взаимосвязи между максимальным усилием и углом в коленном суставе (корреляционные отношения  $r = 0.98$ ). Кривые на графиках не пересекаются. Иначе говоря, у кого из спортсменов сила больше при  $120^\circ$ , то она будет больше и при  $140^\circ - 170^\circ$ .

С позиций метрологии (Глава "Основы теории тестов" [61]) данное задание можно назвать тестом, в силу его высокой надежности, для оценки индивидуальных различий силовых возможностей мышц-разгибателей нижних конечностей.

Не трудно подсчитать, чему будет равно усилие при давлении на опору двумя ногами. Для оценки реализационной эффективности отталкивания от опоры, т.е. кто выше из волейболистов прыгает из исходной позы, необходимо сравнивать не абсолютные значения этих кривых, а относительные - усилие на 1 кг веса тела. В биомеханике и в физиологии приняты понятия активной и пассивной массы. Следовательно, из двух спортсменов одинакового веса выше прыгает тот, у которого активная масса больше.

Кроме этого, можно сделать вывод о том, что нельзя сравнивать прыжковую подготовку волейболистов по максимальной силе мышц - разгибателей голени (как это принято в спорте), так как не обнаружена взаимосвязь между этими показателями и максимальной силой давления на опору.

При рассмотрении и сопоставлении графиков на рисунке 4 возникает вопрос: какие же группы мышц обеспечивают максимальное давление на опору при углах от  $120^\circ$  до  $165^\circ$ ? Ведь усилия четырехглавой мышцы в этом диапазоне уменьшаются.

#### **2.1.1.3. Теоретическое обоснование роли двусуставных мышц нижних конечностей во взаимодействии с опорой**

На рисунке 5 - А схематично представлено положение звеньев тела нижних конечностей при давлении на опору во втором эксперименте. Угол в коленном суставе равный  $150^\circ$

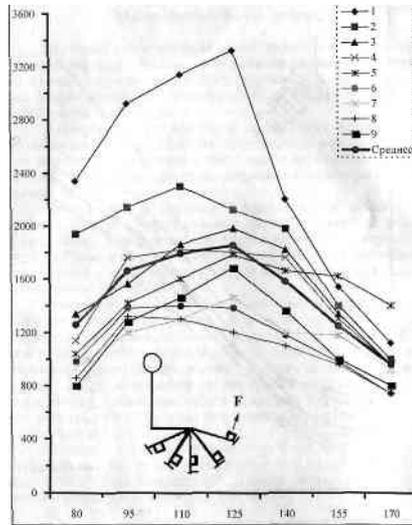


Рис. 4. Силовые возможности пачивающих «ледовиков».

График II «Взаимосвязь "сила - угол" при разгибании голени».

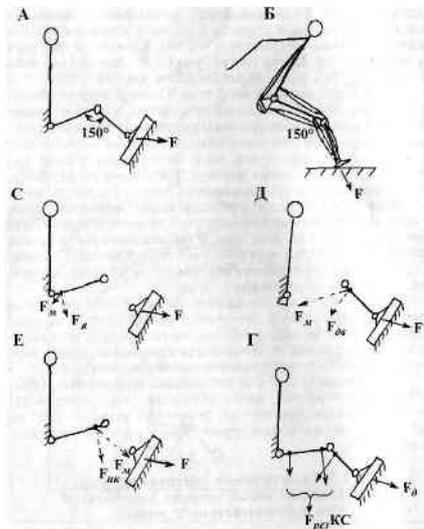


Рис. 5. Роль задней поверхности бедра и голени в создании усилий, направленных на разгибание ног в коленном суставе.

соответствует, частично, позе волейболиста в момент постановки стоп на опору при выполнении нападающего удара (Рис. 5 - Б).

При сокращении ягодичной мышцы бедро будет опускаться вниз под действием перпендикулярно приложенной к нему составляющей силы тяги этой мышцы -  $P_y$  (Рис. 5 - С).

Сокращение двусуставной головки двуглавой мышцы бедра поворачивает голень вниз, под действием перпендикулярно приложенной к этому звену составляющей ее силы тяги -  $P_x$  (Рис. 5 - Д).

Одна из головок икроножной мышцы является двусуставной и крепится к дистальному концу бедра. Она создает перпендикулярную к бедру составляющую силы тяги -  $F_{ик}$ , поворачивающую бедро вниз (Рис. 5 - Е). Таким образом, эти три мышцы являются синергистами по созданию результирующей силы ( $F_{рез}$ - КС). По правилу параллелограмма ее составляющие, направленные вдоль костей голени и бедра, и создают столь значительное давление на опору при разгибании ног (Рис. 5 - Г). У большинства испытуемых значительное увеличение силы давления на опору начинает проявляться только при угле в коленном суставе больше  $120^\circ$  и при условии, что нога (ноги) находятся на опоре (не на опоре - сгибание).

Кроме того, двуглавая мышца и ягодичная обеспечивают активное разгибание туловища - маховое движение.

Общую схему включения мышц нижних конечностей при взаимодействии волейболиста с опорой можно продемонстрировать на следующих двух примерах.

К При выпрыгивании вверх из глубокого седа, скорость разгона тела вверх определяют четырехглавая мышца бедра и ягодичная мышца. Вместе с ними включается в работу икроножная мышца, находящаяся в растянутом состоянии. Часто из-за плохой гибкости, определяемой жесткостью и длиной ее коллагеновых капсул (Пар УК и сухожилия - Пос УК), спортсмен вынужден расставлять стопы в стороны, чтобы не отрывать пятки от опоры. Когда ноги разогнуты в коленном суставе до  $120^\circ$ , в их разгибание включаются двусуставные мышцы задней поверхности бедра и голени, и с этого

момента спортсмен легко отталкивается от опоры, несмотря на то, что сила тяги четырехглавой мышцы уменьшается (Рис. 5).

Однако такой вид отталкивания в волейболе не встречается (в основном в тяжелой атлетике).

2. Спортсмен находится в традиционной стойке при приеме мяча. Он не стремится сгибать ноги в коленном суставе меньше  $120^\circ$ , поскольку быстрое разгибание ног в данной позе обеспечивает не только четырехглавая, но и двусуставные мышцы задней поверхности бедра и голени. При более глубоком приседе он лишится поддержки последних. Такая стойка является типичной для игроков в теннис и вратарей в спортивных играх.

Для лиц интересующихся бегом отметим, что двусуставные мышцы задней поверхности бедра не только значительно увеличивают силу отталкивания, но и проталкивают тело вперед ("загребаящие" способы постановки ноги на опору и отталкивания). Не менее важны они также в обеспечении волнообразных движений таза и ног в плавании.

Рассмотренный экспериментальный и теоретический материал дает все основания рекомендовать тренерам и спортсменам уделять особое внимание развитию скоростно-силовых качеств двусуставных мышц задней поверхности бедра и голени.

В заключение отметим, что эти данные могут быть интересными для штангистов, легкоатлетов, борцов, футболистов, велосипедистов, а также спортсменов и тренеров других специализаций.

## **2.2. Оптимум сгибания ног в коленном суставе**

Сопоставление экспериментальных данных кинематики нижних конечностей не только волейболистов, но и спортсменов других видов спорта, позволило выявить наличие оптимумов сгибания ног в коленных суставах в зависимости от начальных условий выполнения взаимодействия с опорой, т.е. от величины и направления скорости ОЦМ тела [72, 73]. I

Первый оптимум в среднем равен  $85^\circ$  и наблюдается во всех видах отталкиваний от опоры двумя ногами вверх с места. Начальная скорость ОЦМ тела равна нулю (Рис. 6 -

Второй оптимум - около  $120^\circ$ , обнаружен во всех видах прыжков с двух ног, но при напрыгивании на опору. К ним можно отнести нападающий удар в волейболе, прыжки вверх после спрыгивания на опору с различной высоты (прыжки в "глубину"), прыжки при нанесении удара головой по мячу в футболе, прыжки в баскетболе и т.д. Начальная скорость ОЦМ не равна нулю (Рис. 6 - Аз).

Третий оптимум - около  $135^\circ$  наблюдается во всех видах отталкиваний одной ногой (но не с места). Это ходьба, бег на разные дистанции, прыжки в длину и высоту (Рис. 6 -А()). Следует заметить, что скорость растягивания мышц нижних конечностей в уступающем режиме при амортизации значительно отличается в этих видах спорта.

В каждой из рассматриваемых трех групп двигательных действий не было обнаружено значительных, статистически достоверных различий индивидуальных оптимумов в зависимости от уровня спортивного мастерства, хотя были выявлены некоторые тенденции, о которых будет сказано ниже. Сравнительный анализ изменения углов и величин оптимумов сгибания ноги в коленном суставе наглядней проводить с вертикальным положением голени. Такая схема позволяет лучше увидеть, в чем сходство и различие этих трех групп упражнений. Значение углов в тазобедренном и коленном суставах можно не принимать во внимание (Рис. 6,1-А). Сходство этих упражнений заключается в следующем:

1. Все спортсмены при их выполнении стремятся использовать уступающий режим сокращения четырехглавой мышцы бедра (амортизацию). Накапливаемая в ее упругих элементах (Пар УК и Нос УК) энергия упругой деформации реализуется в преодолевающем режиме при разгибании ноги.

2. Величина механического растягивания этой активной мышцы во всех упражнениях одинаковая, поскольку угловое перемещение при этом равно  $35^\circ$ . При воспроизведении этого углового перемещения в коленном суставе на анатомиче-

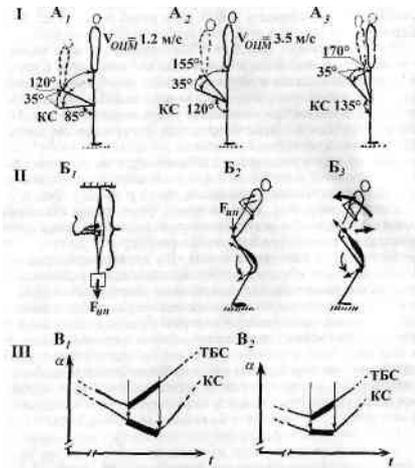


Рис. 6. Феноменология проявления механизма разгибания ног (ноги) и выпрямления туловища [73].

I – оптимальное сгибание ног в коленном суставе. II – условия, обеспечивающие накопление энергии упругой деформации в уступающем режиме сокращения мышцы. III – разнонаправленные движения в тазобедренном и коленном суставах при амортизации.

?п

ском препарате (труп) показано, что мышца растягивается примерно на три-четыре сантиметра [64].

Следовательно, это и есть та длина, на которую в среднем возможно растянуть Пар УК и Пос УК максимально активной мышцы человека.

Отличие заключается в том, что это одинаковое удлинение мышцы и соответствующее ему равное угловое перемещение наблюдается в разные моменты времени:

- в прыжках с разбега с момента постановки стопы на опору, т.е. от  $170^\circ$  до  $135^\circ$  - отталкивание одной ногой (Рис. 6 -  $A_3$ ), и от  $155^\circ$  до  $120^\circ$  в прыжках с двух ног (Рис. 6 -  $A_2$ );
- в прыжках с места от  $120^\circ$  (момент появления активности в четырехглавой мышце) до  $85^\circ$  (Рис. 6 -  $A_1$ ).

Рассмотренная ранее взаимосвязь (Рис. 4), отражающая роль двусуставных мышц задней поверхности бедра и голени в создании давления ног на опору, позволяет объяснить различия в оптимумах сгибания ноги при амортизации.

В прыжках вверх с места, накопленная при амортизации и упругих компонентах четырехглавой мышцы (и мышцах-разгибателях туловища) энергия, реализуется при разгоне туловища вверх, но только на угловом перемещении в  $35^\circ$  (растяните пружину и дайте ей возможность укоротиться). Далее, от  $120^\circ$  до момента завершения отталкивания, разгон туловища осуществляется сократительным компонентом этой мышцы и, подключившимися к разгибанию ноги в коленном суставе, двусуставными мышцами задней поверхности бедра и голени.

При отталкивании двумя ногами с разбега давление на опору при амортизации возрастает с  $1500\text{ N}$  до  $3500\text{ N}$  (почти на  $200\text{ кг}$ ). Такие нагрузки, при угле в коленном суставе  $90^\circ$ , для четырехглавой мышцы слишком велики, и спортсмен неосознанно сгибает ногу при амортизации до  $120^\circ$ , чтобы не лишиться поддержки двусуставных мышц задней поверхности бедра и голени.

Очевидно, что в ходьбе, беге и прыжках при отталкивании одной ногой, наш мозг стремится выбрать именно это угловое перемещение в коленном суставе для рекуперации энергии упругой деформации в мышцах нижних конечностей.

стей. Инерционные силы обеспечивают растягивание упругих компонентов четырехглавой мышцы при амортизации от 170° до 135°, и они вновь выпрямляют ногу до угла 170°. Кроме этого есть максимальная поддержка указанных выше двухуставных мышц.

### 2.3. Разгибание суставов нижних конечностей

Особый интерес, с точки зрения создания максимальной скорости вылета ОЦТ, приобретает вопрос о разгибании суставов нижних конечностей.

Согласно законам механики скорость движения тел; вверх будет выше, если разгибание многозвенной цепи происходит одновременно, а не последовательно. Однако, как показывают результаты экспериментов на человеке, тазобедренный и коленный суставы в прыжках вверх с места (включая старт в плавании) и при выполнении нападающего удара; в волейболе разгибаются последовательно - сначала тазобедренный, а затем - коленный (Рис. 6 - III).

Установлено, что этот феномен является общей закономерностью для всех видов прыжковых упражнений и зависит от способа отталкивания от опоры, т.е. одной или двумя ногами [72].

В литературе можно найти два объяснения проявления данного феномена.

Первое связано с различными силовыми возможностями тазобедренного и коленного суставов [18-20]. Однако оно не объясняет все случаи отталкивания от опоры и затрагивает только прыжки и вставания спортсмена из глубокого седа. Эти данные могут представлять интерес для штангистов и специалистов по культуризму, но не волейболистов.

Второе объяснение, основано на использовании энергии упругой деформации, накапливаемой при завершении амортизации в длинной головке четырехглавой мышцы бедра (*rectus femoris*) [72, 73]. Так как она двухуставная, то растянуть ее за два конца можно одновременным разгибанием

ноги в тазобедренном и сгибанием в коленном суставах, что и делают спортсмены высокой квалификации при выполнении нападающего удара в волейболе. Спортсмены, не умеющие эффективно выполнять эти движения при амортизации, прыгают невысоко (сравните графики В1 и 62 на Рис. 6 - III).

В экспериментальных работах Savagna I. et al. (1963), Asmusen, Bondc-Petersen (1974), Bosco C. (1982), Аруина А.С. (1978) установлено, что максимум энергии упругой деформации накапливается в мышцах нижних конечностей при величине сгибания ног в коленном суставе 25 - 30 % от максимальной.

При выполнении нападающего удара в волейболе активное растягивание, как одно-, так и двусуставных головок четырехглавой мышц бедра происходит при угловом перемещении в коленном суставе около 30 % от возможной амплитуды движения в этом суставе.

Отметим еще один интересный для практиков факт. В настоящее время стал популярен волейбол на песчаной поверхности - "пляжный волейбол". Согласно рассмотренным данным отталкивание от • песка создает идеальные условия для обеспечения уступающего режима сокращения двусуставной головки икроножной мышцы - пятка проваливается в песок (амортизация) с одновременным разгибанием ног в коленном суставе.

Можно рекомендовать подобные тренировки, как начинающим, так и профессиональным волейболистам на песчаной поверхности различной плотности.

Рассмотрев феноменологию проявления биомеханизма разгибания ног и выпрямления туловища, перейдем к биомеханическим основам его проявления при перемещении в волейболе.

#### **2.4. Механические основы перемещения в волейболе**

Тело спортсмена движется в поле тяготения Земли и, следовательно, траекторию его ОЦМ можно описать законами механики Ньютона.

Скорость вылета ОЦМ, равно как и ее изменение  $\Delta V$  перемещении волейболиста по площадке, определяется в личной импульса силы ( $F \cdot t$ ):

$$V = \int F dt / m$$

где:  $m$  - масса спортсмена,  $F$  - мгновенные значения силы реакции опоры как функция времени,  $t$  - время взаимодействия с опорой.

Следовательно, чем больше величина давления на опору и время его действия, тем больше скорость вылета ОЦМ прыжке и быстрее будет происходить изменение скорости при перемещении на площадке. Для увеличения скорости  $V$  вылета ОЦМ возможны следующие варианты:

- увеличить силу взаимодействия с опорой;
- увеличить время взаимодействия с опорой;
- увеличить и силу, и время, что было бы идеально.

Очевидно, что увеличение времени отталкивания от опоры зависит от выбора рациональной техники выполнения двигательного действия, а величина усилия будет зависеть как от техники, так и от развития физических способностей спортсмена с учетом режима сокращения мышц.

## 2.5; Биомеханические основы взаимодействия волейболистов с опорой

Анализ литературных данных показал, что время, величина и характер изменения сил реакции опоры при отталкивании волейболистов зависят от следующих факторов [72]:

1. От положения тела спортсмена (позы) в начале движения или в момент касания стоп опоры в прыжках с разбега. Например, с увеличением глубины подседания среднее значение времени взаимодействия спортсмена с опорой увеличивается с 0,37 с до 0,87 с (Рис. 7). Однако при этом уменьшается вклад двусуставных мышц задней поверхности бедра и голени в силу реакции опоры в конце отталкивания (экстремум  $F_1$ ) с  $2235 \pm 539$  N до  $793 \pm 114$  N. (Рис. 7 - I-IV). 31

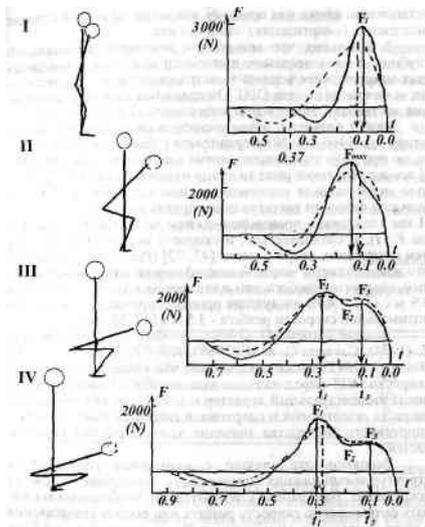


Рис. 7. Влияние глубины приседания на силу отталкивания в прессе с места с махом и без маха руками (---, —). Отсчет времени от момента завершения отталкивания от опоры до начала отталкивания

установлено также для прыжков как с паузой в 3 - 4 с после подседания (амортизация), так и без нее.

2. Показано, что только при некоторой оптимальной глубине, а следовательно, и скорости подседания, наблюдается максимальная величина импульса силы, а следовательно, и скорости вылета ОЦТ. Оптимальная скорость подседания достигает 1.25 м/с в прыжках с места (Рис. 7 - П).

Разбег позволяет вдвое увеличить силу давления ног на опору - до  $3460 \pm 244$  N по сравнению с прыжком вверх с места, но при этом уменьшается время взаимодействия с опорой. И все же этот проигрыш во время отталкивания компенсируется значительным увеличением силы отталкивания за счет большей скорости растягивания упругих компонентов мышц. И как следствие - произведение силы на время (импульс силы  $F \cdot t$ ), а следовательно, и скорость вылета ОЦТ, больше чем в прыжках вверх с места [47, 72] (Рис. 7). Обнаружено, что волейболисты высокой квалификации отличаются большей скоростью разбега при одинаковом количестве шагов - 3.9 м/с (3.2 - 4.8), но лучшие прыжки зарегистрированы при оптимальной скорости разбега - 3.5 м/с [47, 55, 56].

Данные Marhold G. (1968); Asmusen E., Bonde-Petersen Z. (1974); Cavagna G. et al. (1968); Komi P., Bosco C. (1978) Bosco C. (1982) также показывают, что существует оптимум скорости ОЦТ перед началом выполнения отталкивания. Он носит индивидуальный характер и зависит от квалификации, возраста испытуемых и спортивной специализации. С ростом спортивного мастерства значение этого оптимума увеличивается.

Вероятно, это связано с адаптацией коллагеновых структур мышц нижних конечностей к уступающему режиму сокращения этих мышц. Следовательно, необходимо подбирать оптимальную скорость разбега или высоту прыгивания в соответствующих упражнениях. Эти показатели могут быть критериями оценки скоростно-силовых возможностей мышц нижних конечностей в уступающем режиме.

## 2.6. Вклад суставных движений

Экспериментальные исследования позволили оценить величину вклада суставных движений в результат прыжка.

В работе Luchanen P. and Koti P. (1978) предложен оригинальный способ оценки этого вклада. Испытуемые выполняли раздельно элементарные движения прыжка вверх с места - маховые движения руками, подъемы головы, выпрямления туловища и т.д. (Табл. 1). Например, с какой скоростью, по отношению к максимальной, прыгнет вверх спортсмен, если оттолкнуться только за счет разгибания ног в коленных суставах (или оттолкнуться только одними стопами). Угловые перемещения в суставах воспроизводились такими же, как и в прыжке вверх без амортизации.

*Таблица 1.*

**Вклад элементарных движений в вертикальный импульс отталкивания в прыжке вверх из полуприседа по P. Luchanen, P.V. Koti (1978)**

1	Элементарные	%
	Тыльное сгибание стопы	2
	Разгибание колена	5
	Разгибание туловища	1
	Поднимание головы	2
	Мах руками	1

Наибольшая величина вклада, равная 56 % обеспечивается разгибанием ног в коленных суставах и 22 % - разгибанием в голеностопных. Составляя эти данные с вкладом четырехглавой мышцы и мышц задней поверхности бедра и голени в результирующее давление ногами\* на опору (Глава 2, раздел 2.1.), можно констатировать следующее:

1. Суммарный вклад мышц в разгибание коленного и голеностопного суставов ног в преодолевающем режиме составляет в среднем 78 %.
2. Основная доля этого вклада приходится на двусус-

тавные мышцы задней поверхности бедра и голени.

Данные о вкладе мышц-разгибателей туловища и поднимания головы наталкивают на интересное предложение практикам. Что же тренировать? Скоростно-силовые качест-, ва мышц нижних конечностей, чтобы увеличить результат на 12 % (но для этого требуется время), или просто дать техническую установку - активно осуществлять подъем туловища и головы. Это позволит, во-первых, сразу увеличить вклад на 12 % и, во-вторых, эффективнее выполнить маховые движения руками (Раздел 2.7).

## 2.7. Биомеханизм маховых движений руками

Ни у кого не вызывает сомнения тот факт, что волейболисты выпрыгивают высоко над сеткой, и поэтому возникают естественно вопросы :

- Почему волейболисты высоко прыгают, применяя маховые движения руками?

- Как правильно выполнять маховые движения руками и каков вклад этих движений в результирующую высоту прыжка?

- Каковы пути построения рациональной техники маховых движений руками, и на основе каких критериев можно считать технику этих движений рациональной?

Знакомство с экспериментальными данными по этому вопросу позволит также несколько иначе подойти к вопросу повышения прыжковой выносливости в волейболе. Неправильное выполнение маховых движений ведет к снижению эффективности отталкивания и увеличению расхода энергии на взаимодействие с опорой.

### 2.7.1. Механические основы маховых движений руками

Из курса физики, разделов механики - "кинематика" и "динамика" - известно, что во вращательном движении линейная скорость ( $V$ ) тела зависит от его расстояния ( $r$ ) до оси вращения и угловой скорости ( $\omega$ ) вращения (Рис. 8 - А):

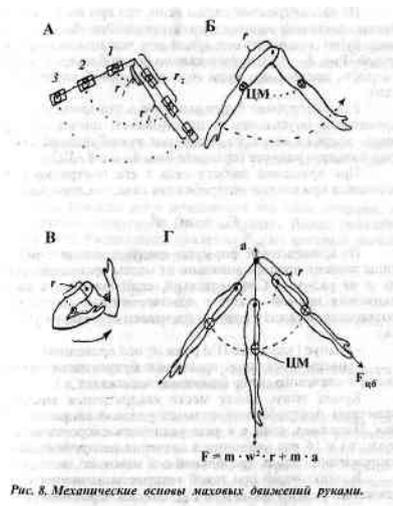


Рис. 8. Механические основы маяховых движений руками.

$$V = r \cdot \omega,$$

где:  $V$  - линейная скорость (касательная к окружности),  $\omega$  - угловая скорость,  $r$  - радиус, характеризующий удаленность ЦМ тела от оси вращения

Из рассмотренной схемы ясно, что при выполнении маховых движений выпрямленной рукой (Рис. 8 - Б) ее центр масс будет дальше от оси вращения, чем при махе согнутой рукой (Рис. 8 - В). Соответственно будет больше и линейная скорость центра масс руки (при постоянной угловой скорости).

Если спортсмен будет выполнять это движение с одновременным опусканием и подниманием плечевого сустава вниз - вперед и вверх, то центр масс руки будет вращаться на еще большем радиусе (сравните Рис. 8 - Б с 8 - Г).

При вращении любого тела к его центру масс и оси вращения приложена центробежная сила, числом равная:

$$F_{HO} = m \cdot (\omega \cdot r)^2$$

Из приведенной формулы следует, что величина этой силы зависит пропорционально от массы вращающегося звена и от радиуса. Следовательно, если выполнять маховые движения прямой рукой с одновременным опусканием и подниманием (вниз - вперед) плечевого сустава, то увеличится:

- радиус (удаление ЦМ руки от оси вращения);

- масса, поскольку вращаться будут также мышцы и

кости и плечевого пояса (ключица, лопатка и т.д.).

Кроме этого, имеет место квадратичная зависимость величины центробежной силы от угловой скорости вращения. Например, если в 4 раза увеличить скорость вращения руки, то в 16 раз увеличится значение центробежной силы, направленной вдоль продольной оси махового звена (руки).

Возникающий при такой технике выполнения маховых движений руками максимум  $P_{\rho d}$  создает через плечевой сустав, туловище и тазобедренный сустав кратковременное давление на костный рычаг (бедро). Это обеспечивает дополнительное растягивание четырехглавой мышцы. В результате возрастает давление на опору при отталкивании и увеличивается высота прыжка; •

При выполнении маха, рука движется не только вращательно, но и поступательно. Сверху вниз ( $S-J$ ) и снизу вверх!

(5/) - движение точки подвеса (плечевого сустава). Если эти движения выполнять с ускорением, то возникает инерционная сила, направленная против ускоренного движения руки и равная произведению массы руки на ее ускорение:

$$F_{ин} = -m \cdot a$$

где:  $P_{ин}$  - инерционная сила, возникающая при поступательном движении,  $m$  - масса руки и плечевого пояса,  $a$  - ускорение точки подвеса (плечевого сустава).

К силе тяжести руки прибавится эта сила инерции, и кратковременно спортсмен будет ощущать более тяжелую руку. Эта сила, увеличивает давление  $P_{сд}$  на костный рычаг. Результирующая сила будет равна:

$$F_{рез} = F_{тяг} + F_{ин} + P$$

где:  $P_{рез}$  - результирующая инерционная сила,  $P$  - сила тяжести (Рис. 8-Г).

## 2.7.2. Биомеханические основы рациональной техники маховых движений руками

Из курса биомеханики известно, что рациональная техника, включая и маховые движения, характеризуется не только техникой данного спортсмена, а способ выполнения того или иного двигательного действия. В основе его выбора могут быть различные критерии - биологические, физиологические, морфологические, психологические и другие.

В настоящем разделе обоснование рациональной техники выполнения маховых движений осуществлено на основе биомеханического критерия.

В литературе он нашел свое отражение в понятии "координация движений верхних и нижних конечностей" [72].

Суть этого понятия сводится к тому, что в момент завершения амортизации  $P_{сд}$  и  $P_{сн}$  должны быть направлены в сторону опоры (Рис. 9 I, II - Б). Например, два спортсмена

одинаковой физической подготовки выполняют прыжок вверх с места. Техника выполнения маховых движений и усилие отталкивания у них одинаковы, но в момент завершения - I ния амортизации (сгибания ног в коленном суставе) у одного - конечности, вращаясь, расположены в направлении опоры, а у другого - либо еще позади, либо впереди. В последних j двух случаях высота прыжка будет значительно меньше, поскольку :

- в первом, максимум  $F_{dec}$  для растягивания упругих компонентов четырехглавой мышцы проявится еще до того,

как завершится уступающий режим сокращения;

- во втором,  $F_{p.}$  возникнет в период укорочения этой мышцы (преодолевающий режим) и будет препятствовать разгибанию ног в коленном суставе (Рис. 9 -1, II - AI и A3).

Эту несогласованность в движении верхних и нижних конечностей обнаружить на глаз не представляется возможным, поскольку время проявления максимума рассмотренных сил не более 30 - 50 мс (Рис. 9 -1, II - B<sub>1-2,3</sub>)-

До настоящего времени остается не выясненным вопрос : является ли способность отдельных лиц создавать максимум  $F_{dec}$  в момент завершения амортизации наследственным фактором или он приобретает в результате тренировок?

Если эта способность координировать движения верхних и -нижних конечностей определяется наследственными факторами, то вопрос о том, кто выше прыгает или быстрее бежит за счет маховых движений руками сводится к проблеме отбора (киносьемка). Следует отобрать тех детей, у которых в момент завершения амортизации прямая, соединяющая мгновенную ось вращения с ОПМ рук, будет направлена в сторону опоры. Тренировочный процесс в дальнейшем будет ограничиваться только обучением технике правильного выполнения маховых движений.

Если эти рассуждения справедливы, то в сложно-координационных видах спорта (гимнастика, акробатика, волейбол и т.д.) происходит естественный отбор. Остаются те, кто умеют от "папы с мамой" использовать маховые движения руками.

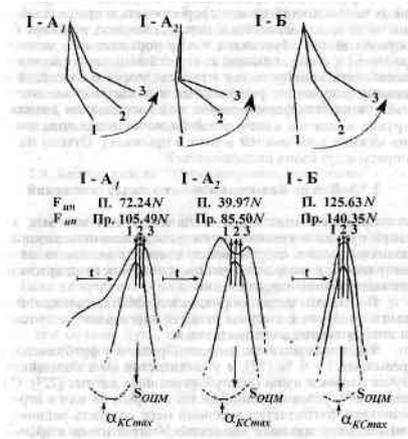


Рис. 9. Координация движений верхних и нижних конечностей в взрывковых упражнениях.  
 I – положение рук в момент завершения амортизации;  
 А – низкая квалификация; Б – высокая;  
 П – инерционные силы в центрах масс плеча и предплечья;  
 S – траектория ОЦМ тела; L – завершение сгибания коленного сустава.

С другой точки зрения, если этот феномен координационных способностей можно сформировать в процессе обучения, то не ясны сенситивный период (возраст), наиболее благоприятный для обучения, а также упражнения и методика тренировки. Авторы данной книги склонны полагать, что эта способность приобретается в раннем возрасте благодаря активному созреванию рецепторных и анализаторных систем, ответственных за формирование этой координации движений верхних и нижних конечностей (включая и маховые движения нижних конечностей в беге и прыжках). Ответы на эти вопросы ждут своих исследователей.

### **2.7.3. Вклад биомеханизма маховых движений**

Сравнительный анализ величин вклада маховых движений руками в увеличение импульса силы отталкивания в различных видах спорта может косвенно указывать на эффективность и координационные способности спортсменов при выполнении этих движений.

По данным ряда авторов, вклад маховых движений руками в суммарный импульс реакции опоры зависит от техники этих движений и специализации.

Так, вклад маховых движений руками у футболистов не превышает 7 - 9 % [72], а у штангистов он в большинстве случаев близок к нулю (неопубликованные данные [72]). Следовательно, условия единоборства в борьбе за мяч в игре не позволяют футболистам в полной мере овладеть рациональной техникой маховых движений. У штангистов в тренировочном процессе эти движения отсутствуют.

По данным киносъемки Miller D. (1973, 1976) у девушек, не занимающихся в большом объеме спортом, величины этого вклада достигают в среднем 17.6 %.

По результатам стереосъемки у гимнастов вклад маховых движений руками в среднем равен 26.3 % (265.98 N плечо и предплечье, Рис. 9 - П - Б). Если учесть массу лопаток и их мышцы, то спортсмен будет кратковременно ощущать свои руки весом около 37 кг, а спортсмен низкой квалификации - не более 19 кг (сравни с графиком П - А2) [72].

Обработанные нами данные Черешневой Л.Я. (1968) по динамике средних значений высоты прыжка с махом и без маха руками у девочек и девушек с 9 до 19 лет включительно, позволили установить факт увеличения вклада маховых движений руками с 11,9 % у 9-летних, до 15,5 % у 13-летних детей. Далее, до 19 лет включительно, величина этого вклада не меняется. Очевидно, что успешное обучение координации движений маховых звеньев может осуществляться до 12-14 лет - период полового созревания.

## 2.8. Биомеханизм "Перевернутого маятника" - поворот тела относительно точки опоры

Увеличить скорость ОЦМ тела спортсмена в прыжковых упражнениях можно не только отталкиваясь от опоры и выполняя маховые движения руками, но и используя ногу (ноги) как шест (прыжки в высоту с шестом в легкой атлетике). Если не принимать во внимание упругие свойства шеста, то путь разгона ОЦМ тела вверх ( $S$ ) будет зависеть от угла его постановки на опору ( $\gamma$ ) и длины шеста. Чем меньше угол, тем больше путь, на котором совершается работа по изменению кинетической энергии тела (при условии, что действующая сила постоянна):

$$A = F \cdot S \cdot \cos \gamma = m \cdot v^2 / 2$$

Пути практической реализации этого закона механики в поворотном движении ноги как шеста очевидны и будут рассмотрены в следующей главе.

## ГЛАВА 3

### БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОМ В ВОЛЕЙБОЛЕ

Прежде чем рассмотреть биомеханические основы технических приемов и навыков игры в волейбол, которыми необходимо овладеть спортсмену и знать тренеру для правильного обучения игры в волейбол, обратимся к одному из энциклопедических справочников по спорту, чтобы вспомнить основные характеристики места проведения этой игры и ее состав участников.

**Волейбольная площадка** ограничена двумя боковыми линиями длиной 18 метров и двумя лицевыми линиями длиной 9 метров. Она делится средней линией на два квадрата. Параллельно средней линии на расстоянии 3 метров от нее по каждому из квадратов проходят линии нападения (Рис. 10).

Ширина всех маркировочных линий равна 5 см. На расстоянии не менее 1 м от обеих боковых линий на воображаемом продолжении средней линии за территорией устанавливаются стойки для сетки. Верхний край сетки должен быть укреплен на соревнованиях мужчин на высоте 2.43 м, а у женщин - 2.24 м. На высоте 13.5 м над площадкой и на 2 м вокруг нее не должно быть никаких мешающих предметов.

Ширина сетки - 1 м, длина - 9.50 м. На сетке над боковыми линиями устанавливаются так называемые "антенны", высота которых превышает высоту сетки на 80 см. Ни мяч, ни игроки не должны касаться "антенн".

**Мяч** изготовлен из мягкой кожи, весит 270 - 280 г и имеет длину окружности 64 - 66 см. Давление воздуха внутри, измеряемое до начала соревнований, максимум 0.051 ме-гапаскалей.



**Состав команд.** Каждая команда состоит из 6 игроков (3 игрока у сетки - игроки передней линии и 3 игрока задней линии).

**Смена подачи** связана с переходом игроков команды противника на одну позицию по часовой стрелке. Обозначение номеров позиции игроков (начиная с 1 - место подачи мяча) на площадке осуществляется против часовой стрелки.

Все многообразие технических действий на площадке можно объединить в шесть основных игровых навыков: нападающий удар, подача, отражение подачи, блок, защита и верхняя передача. Четыре последних навыка в основном будут рассмотрены в главе 4 с позиций точности их выполнения [23].

### **3.1. Биомеханика нападающего удара и современной подачи**

Оценка прыжковой подготовки волейболистов не может быть полной без ясного представления о рациональности техники выполнения одного из основных двигательных действий в волейболе - нападающего удара.

Нападающий удар выполняется в большинстве случаев при трехкратном касании мяча и заканчивается вблизи сетки.

Разбег длиной от 2 до 4 метров начинается у линии нападения, в большинстве случаев он направлен под острым углом по отношению к сетке. Последний шаг напоминает прыжок с низкой траекторией полета с последующим отталкиванием. При этом игрок одновременно или последовательно касается обеими пятками пола, делает пережат с пятки на носки и отталкивается от пола обеими носками, одновременно вскидывая вверх обе руки.

Ударная рука отводится далеко назад с одновременным поворотом корпуса. В момент достижения высшей точки прыжка наносится удар по мячу сзади - сверху.

Во время удара возможны различные варианты движения руки, силы и направления удара. Возможны также удары с отталкиванием одной ногой, без разбега, а также боковые

удары (так называемые "крюки") [1, 2, 7-9, 28, 47, 55, 56, 63, 66, 67, 86, 99 и др.].

В данном виде двигательной деятельности наиболее полно реализуются все три биомеханизма взаимодействия спортсмена с опорой, рассмотренные в предыдущих параграфах.

Рассмотрим кинематику нападающего удара, типичную для спортсменов высокой и низкой квалификаций - разбег и отталкивание (Рис. 11).

Как уже отмечалось выше, мерой взаимодействия спортсмена с опорой является импульс силы ( $P \cdot t$ ). Во второй главе было рассмотрено влияние различных факторов на его составляющие, т.е. на силу ( $P$ ) и время ( $t$ ).

Другой не менее важной мерой действия силы спортсмена, но не во времени, а в пространстве, является работа ( $A$ ), равная произведению силы действия ( $P$ ) на путь ОЦТ тела ( $S$ ) за время отталкивания.

Увеличить путь за счет сгибания ноги в коленном суставе за границу оптимума нельзя. Поскольку, как показано, было в предыдущем разделе 2.1.2, сгибание ног в коленном суставе за границу оптимума приводит к резкому снижению давления ног на опору и, как следствие, уменьшению работы и скорости вылета тела.

Остается только одна возможность - понижать ОЦТ к опоре уже на последних двух тагах разбега, т.е. через более согнутые, чем обычно в беге, ноги в коленном суставе (подкрадываясь - В).

По данным Осолоковой В.А. (1954) и Зотзоп К., Коу В. (1976) величина понижения ОЦТ к опоре за счет таких действий спортсмена достигает 0.27 м. Чем ниже положение ОЦТ тела над опорой ( $h$ ) в момент постановки на нее ног, тем на большем пути ( $S$ ) в дальнейшем будет осуществляться разгон ОЦТ вверх - биомеханизм "перевернутого маятника". Для этого, как отмечают авторы, спортсмены высокой квалификации ставят ногу под меньшим углом к опоре, чем спортсмены низкой квалификации (Рис. 11-И). Угол постановки ног рассчитывается между прямой линией, проходящей через голеностопный и тазобедренный суставы, и опо-

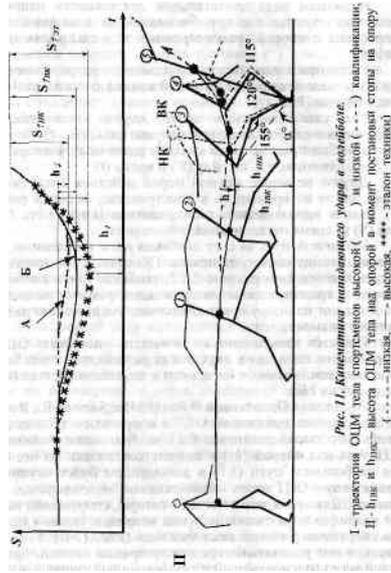


Рис. 11. Классификация подпрыжков, прыжки в высоту.  
 I — траектория ОЦМ тела спортсмена высотой (—) и длиной (---) квалификации;  
 II —  $h_{1ok}$  и  $h_{2ok}$  — высота ОЦМ тела над опорой в момент постановки стопы на опору  
 {-----} — прыжок, ————— — высота, ————— — этапной техники

рой. В этих же работах авторы отмечают, что, несмотря на то, что происходит сгибание ног в коленном суставе в начале взаимодействия с опорой (позы 3 и 4 на схеме П Рис. 11), тазобедренный сустав и ОЦГ у спортсменов высокой квалификации начинают подниматься вверх. Это также объясняется проявлением биомеханизма "перевернутого маятника" - поворот ноги и тела относительно точки опоры вперед-вверх (См. раздел 2.3).

У спортсменов низкой квалификации в момент касания лоры ноги расположены ближе к положению вертикали. В связи с этим резко уменьшается вклад биомеханизма "перевернутого маятника" в вертикальную скорость вылета ОЦГ тела. В результате, в начале взаимодействия с опорой ОЦГ тела и тазобедренные суставы опускаются вниз (Рис. 11 - П).

). Это снижает эффективность отталкивания, поскольку действуют только биомеханизмы маховых движений, разгибания ног и выпрямления туловища.

### **3.1.1. Рекуперация энергии упругой деформации в мышцах нижних конечностей**

Перед постановкой стоп на опору происходит одновременное разгибание ног в коленном суставе до угла  $155^\circ$  и наклон туловища вперед. Это разнонаправленное движение в смежных суставах обеспечивает растягивание двусуставной головки двуглавой мышцы бедра - уступающий режим сокращения (единственная причина ее разрыва - плохая разминка).

С момента постановки стоп на опору энергия упругой деформации, накопленная в упругих компонентах этой мышцы, обеспечивает быстрое разгибание в тазобедренном суставе (с выпрямлением туловища и махом руками) с одновременным растягиванием двусуставной головки четырехглавой мышцы - передача (рекуперация) энергии упругой деформации между двусуставными мышцами (при участии ягодичной мышцы).

• Возникающее в результате этого значительное напря

жение всей четырехглавой мышцы позволяет ей выдержать значительные нагрузки при амортизации и вместе с мышцами задней поверхности бедра и голени начать быстрое разгибание ног в коленном суставе и завершить отталкивание. Все мышцы спины и задней поверхности ноги представляют собой один единый трос, передающий усилие на подошвенное сгибание стопы.

Факт совместного участия мышц передней и задней по- j верхности бедра в выпрямлении туловища и разгибании тазобедренного и коленного суставов подтверждается данными элсктромиографии (Рис. 12 - сводные данные) [72].

Электрическая активность передней большеберцовой мышцы указывает на то, что она сгибает ногу в голеностопном суставе (стопу вверх) для выполнения быстрого переката с пятки на всю стопу при постановке ног на опору.

Таким образом, главными рекуператорами энергии упругой деформации являются двусуставные головки мышц: икроножной, двуглавой, четырехглавой. Эти мышечные группы определяют скоростно-силовую подготовку и прыжковую выносливость в волейболе.

### 3.1.2. Оптимальное расстояние между стопами

Процесс обучения технике отталкивания должен включать, даже, казалось бы, на первый взгляд неприметные, ее детали - правильное положение стоп на опоре.

В тренерской среде имеются две противоположные точки зрения : первая - ставить стопы на ширине плеч, и вторая - на ширине ступни. Особенно важен этот вопрос спринте. В волейболе ему не уделяют должного внимания.

Эксперименты, проведенные К.Р. Willson и Р.М. Hees (*См. работу G. V. Hay; 1975*), показали, что средняя величина | этого показателя в прыжках с двух ног равна 25,4 см. Аналогичные результаты были получены и в другой работе [90]. Более широкая или узкая постановка стоп приводила к снижению высоты прыжка.

Однако среднее значение не отражает индивидуальные особенности спортсменов. Попытаемся исправить эту "ошиб-

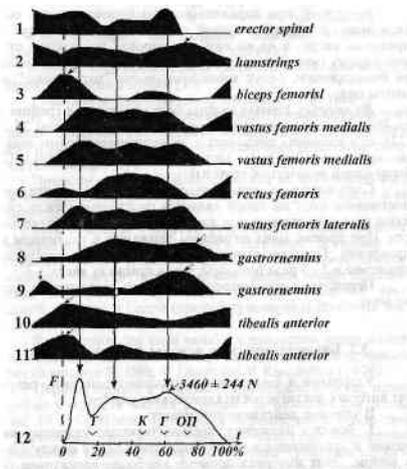


Рис. 12. Ослабление электрической активности мышц нижних конечностей и вертикальная составляющая сил реакции опоры. Обозначения: 1, 3, 5, 7, 9, 11 и 12 – выполнение нападющего удара в волейболе; 2, 4, 6, 8 и 10 – в прыжке после шага (напрыгивание); Т, К, Г – момент времени начала разгибания в суставах; ОП – отрыв пятки от опоры. Сводные данные [47].

ку", опираясь на логику и факты.

*Во-первых*, при параллельном расположении ног силы тяги мышц передней и задней поверхности бедра будут направлены вверх, а не во внутрь (широкая постановка стоп) или наружу (узкая их постановка). Выражаясь терминологией биомеханики, будут минимизированы "паразитные" моменты сил.

*Во-вторых*, прямая мышца бедра крепится к гребню таза. Расстояние между гребнями таза в среднем равно 25 см. [21]. Его величина совпадает с экспериментальными данными, приведенными выше (испытуемые в работах [89] и [21] были одной возрастной группы).

Следовательно, анатомическим критерием правильной постановки стоп на опору является расстояние между гребнями таза, измеряемое для каждого спортсмена в отдельности. При приеме мяча возможны движения в различном направлении. Поэтому стопы, следует ставить на расстоянии примерно в 2 - 3 раза большем, чем в прыжках вверх.

Перейдем к рассмотрению техники выполнения удара по мячу.

### 3.2. Биомеханические основы техники удара

Ударными в биомеханике называют действия, результат которых достигается механическим ударом. В ударных действиях различают:

1. *Замах* - движение, предшествующее ударному движению и приводящее к увеличению расстояния между рукой и мячом. Этот интервал времени наиболее вариативен (изменчив).

2. *Ударное движение* - от конца замаха до начала удара.

3. *Ударное взаимодействие* (или собственно удар) - столкновение руки с мячом.

4. *Последующее движение* - движение руки после контакта с мячом [25].

Сила удара определяется по формуле :

$$F = m \cdot V / t$$

Следовательно, координация движений волейболиста при максимально сильных ударах должна:

- обеспечить наибольшую скорость кисти к моменту ее соприкосновения с мячом ( $V$ );
- увеличить ударную массу в момент удара ( $t$ ).

В ряде экспериментальных работ обнаружена положительная линейная взаимосвязь между скоростью бьющего звена и скоростью вылета мяча в широком диапазоне скоростей (См. обзор [11]).

Представляет особый интерес, как волейболисты высокой квалификации достигают высокой скорости кисти к моменту ее контакта с мячом.

Максимальная скорость укорочения мышцы зарегистрирована после ее растягивания в активном состоянии - уступающий режим (Глава I). Основное назначение замаха в волейболе - растянуть упругие компоненты мышц плечевого пояса, передней поверхности туловища (включая косые мышцы живота) и бедра (прогиб туловища и сгибание ног в коленном суставе).

Рассмотрим два вида замаха и нанесения удара по мячу спортсменами высокой квалификации, проанализированные в исследовании Н. Ока, Т. Окамото, В. Купатомо (1976).

Первый способ в основном применяли игроки, принимавшие участие в матчах в борьбе за олимпийские медали (Рис. 13 - А). Плечо при замахе перемещалось выше точки его вращения через сторону вправо - назад с одновременным прогибом и поворотом верхнего отдела туловища по отношению к тазу. Такой способ позволял игрокам максимально использовать энергию упругой деформации мышц корпуса и плечевого пояса.

Второй способ, в большей мере, был присущ спортсменам национальной сборной (Рис. 13-Б). Замах осуществлялся главным образом за счет прогиба, а плечо двигалось назад ниже точки его вращения.

Аналогичные по технике исполнения замахи и удар встречаются и у менее квалифицированных спортсменов (см.

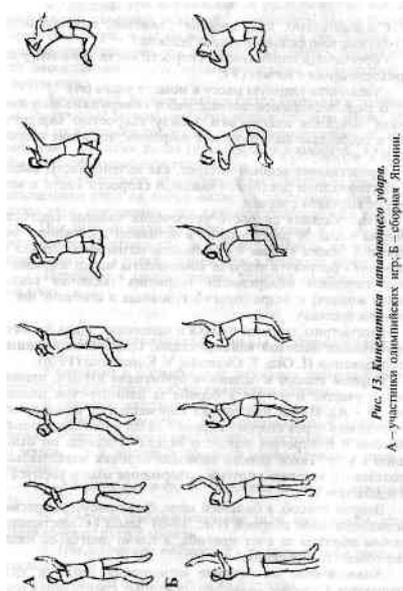


Рис. 13. Кинематика падающего убора.  
 А – участники олимпийских игр, Б – сборная Япония.

Рис. 14 - А).

Большинство спортсменов низкой квалификации выполняют замахи почти прямой рукой (Рис. 14 - Б) [2]. С точки зрения биомеханики такую технику выполнения замаха нельзя считать рациональной.

Для доказательства воспользуемся простым примером. Попробуйте стоя удерживать на вытянутых руках перед собой стул и быстро повернуть туловище на 90° вправо и обратно. Повторите это задание, но предварительно прижав стул к груди. Несмотря на то, что вес стула не изменился, во втором задании повернуться значительно легче. Вы столкнулись с инерционной особенностью тел во вращательном движении ("отказ" тела поворачиваться, а если оно вращается, то останавливаться). В механике ее мерой является момент инерции :

$$I = m \cdot R^2$$

где :  $m$  - масса тела,  $R$  - радиус инерции, характеризующий распределение массы тела относительно оси вращения.

Если сгибаете руку при замахе, то в квадрате уменьшается момент инерции руки и ее значительно легче (быстрее) повернуть. Например, если, уменьшив радиус инерции в 4 раза, то - в 16 раз меньше потребуется усилий для поворота руки.

При высоких прыжках такой быстрый замах скрывает от соперника момент начала и направления атаки (удара). Вслед за таким замахом грудь начинает движение в направлении удара, а плечо и предплечье с кистью ускоренно двигаются назад ("биомеханизм" хлеста). Если замах осуществляется предплечьем выше линии горизонта (Рис. 13 - А), то растягиваются упругие компоненты грудной и широчайшей мышцы, а если ниже, то только грудной.

Успех выполнения такого замаха определяется, прежде всего, гибкостью - длиной коллагеновых структур широчайшей мышцы, мышц передней поверхности туловища и бедра. Следует также ориентироваться на такой показатель, как ак-

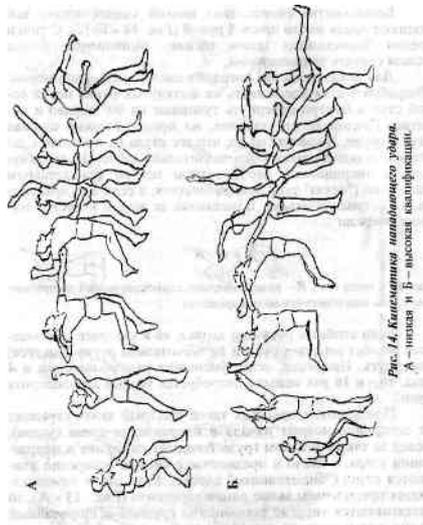


Рис. 14. Кинематика заднего удара.  
А – низкая и Б – высокая квалификация.

тивная гибкость, определяемая возможностью мышц задней поверхности туловища и ног эффективно растягивать эти упругие компоненты.

5 К

Рациональность техники удара зависит от количества звеньев, задействованных во вращательном движении бьющей поверхности и от положения оси, относительно которой происходит это вращение. Лучшим следует считать вариант с максимальным радиусом вращения, так как увеличивается линейная скорость кисти и ударная масса. Рука максимально вытянута в плечевом суставе, а локоть противоположного плеча опущен к верхушке гребня таза, относительно которого происходит вращение. Плечо закреплено и его нельзя отводить назад.

Если в момент удара ударяющее и ниже расположенные звенья представляют собой как бы единое тело, то в ударном взаимодействии будет принимать участие масса всех этих звеньев. Преждевременное напряжение мышц-антагонистов резко уменьшит ускорение бьющей поверхности. Этим отличаются спортсмены высокой и низкой квалификации. Удар следует наносить с ускорением вперед в момент контакта кисти с мячом.

Иногда спортсмен наносит два удара с одинаковой скоростью, а скорость вылета мяча и сила удара оказываются различными. Это происходит из-за того, что ударная масса не одинакова. Величина ударной массы может использоваться как критерий эффективности техники ударов. Поскольку рассчитать ударную массу довольно сложно, ее оценивают как :

$$M_y = V_M / V_K$$

где :  $V_M$  - скорость мяча после удара,  $V_K$  - скорость кисти в момент контакта с мячом [25].

Время - контакта кисти с мячом при выполнении нападающего удара 0.012 - 0.020 с, что недостаточно для внесения корректировки во время движений.

Биомеханическое обоснование рациональной техники выполнения нападающего удара, представленное в этом разделе, применимо не только к современной подаче, но и к ударам в теннисе, или (частично) к метаниям и броскам

спортивных снарядов.

Удары, наносимые по мячу на малом радиусе вращения, не обеспечивают ему максимальной скорости, но выполняются за меньший промежуток времени и значительно точнее.

## ГЛАВА 4

### ТОЧНОСТЬ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ В ВОЛЕЙБОЛЕ

Известно, что потеря мяча в связи с неправильным его приемом или, например, неточное выполнение нападающего удара приводят к увеличению объема и интенсивности действий на площадке и, как следствие, к увеличению командных действий прыжкового характера [5, 33, 50, 62]. В этой связи возникает необходимость проанализировать причины неэффективных действий спортсмена с позиций точности их выполнения.

#### 4.1. Показатели точности двигательных действий

В биомеханике под точностью движения понимают степень ее близости требованиям двигательного задания.

В спортивных играх этот вопрос изучен достаточно полно. Наиболее признанными из работ этого направления являются исследования, выполненные под руководством Го-ломазова С.В. [12, 13, 23, 24, 31, 40, 41].

Автор предложил подходить к проблеме анализа точных двигательных действий на основе показателей целевой точности и точности слежения [23].

Точность слежения оценивается по отклонению двигательного действия или односуставного движения от заданной траектории.

Второй показатель авторы данной книги попытались прокомментировать, используя рисунок 15.

Целевая точность (попал - не попал) оценивается по двум показателям. К ним относятся кучность и систематическая ошибка.

Кучность измеряется величиной обратной стандартно-

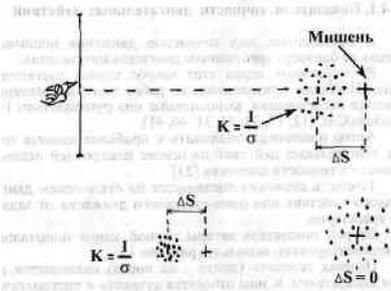
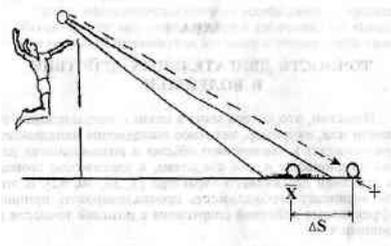


Рис. 15. Показатели целевой точности.

му отклонению ( $K - 110$ ), т.е. чем больше сигма-разброс показателей, тем меньше кучность. Этот показатель тесно связан с квалификацией спортсмена.

Систематическая ошибка (S) указывает: на какую величину в среднем отклоняются результаты (место приземления мяча) от точки "прицеливания". Этот показатель свидетельствует о наличии грубой ошибки в технике, но как большинство статистических показателей не раскрывает причин возникновения ошибки.

Результаты исследований показали, что целевая точность находится в обратной зависимости от скорости выполняемого движения и скорости мяча.

#### 4.1.1. Особенности полета мяча

Целевая точность также зависит от траектории полета мяча, положения тела, с которым он взаимодействует, и соотношения их скоростей.

Рассмотрим динамические основы полета мяча. При соударении с кистью происходит деформация мяча, и сила удара достигает максимума (Рис. 16 - I). Если вектор силы направлен в центр мяча, то в полете, он не вращается.

Траектория полета мяча может значительно измениться в зависимости от скорости его вращения. Если направление силы удара не совпадает с положением ЦМ мяча, то возникает момент силы  $if_i \cdot d$ , принуждающий мяч к вращению в полете (Рис. 16 - II). Величина этого момента зависит от величины, направления и точки (места) приложения силы удара (f).

На рисунке показано изменение величины его составляющих ( $P_x$  и  $y$ ) в зависимости только от направления удара по мячу. Видно, что во втором случае возрастает угловая скорость мяча, а линейная - уменьшится при его движении по одной и той же начальной траектории (5). Эта схема объясняет, почему в подобных ударах направление вылета мяча не совпадает с направлением удара.

В поступательном движении вращающийся мяч может резко изменить свою траекторию полета в сторону вращения.

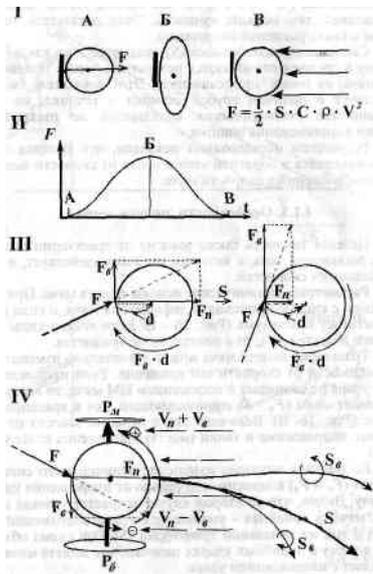


Рис. 16. Динамические основы полета мяча в волейболе.

Известный из физики закон Бернулли дает этому объяснение - "Давление в жидкостях и в газах обратно пропорционально скорости их потока".

Вращающийся мяч создает движение воздуха ( $V_c$ ) на своей поверхности в направлении вращения (в результате действия сил трения). При движении мяча вперед вращающийся поток воздуха сталкивается со встречным потоком ( $V_d$ ) снизу мяча (Рис. 16 - III). Сверху мяча циркулирующий поток суммирует свою скорость со скоростью встречного потока. В результате давление ( $P_c$ ) воздушного потока над мячом будет меньше давления ( $P_d$ ) под ним. Разность давления обеспечит смещение мяча в более разреженное пространство.

В рассмотренном конкретном примере мяч не сразу начнет опускаться к площадке, а при наличии встречного ветерка на пляже возможен даже его подъем ( $S_5$  - вращение мяча против часовой стрелки). Автор предлагает читателю самому разобраться в причине отличия изменения траектории полета мяча ( $S_5$ ) от обычной (3) при его вращении по часовой стрелке (Рис. 16 - III).

Понимание физического смысла этого закона позволяет в волейболе целенаправленно изменять траекторию полета мяча (в любом направлении). К сожалению, тренеры упускают из вида такую возможность при обучении выполнения волейболистами подач.

Остановимся на механических основах планирующей подачи. Напомним, что ее особенностью является "рыскающий" полет мяча и затем "неожиданное" падение его на площадку.

В полете мяч преодолевает силу сопротивления среды, равную:

$$F_{\text{ср}} = 1/2 \cdot S \cdot C \cdot \rho \cdot V^2$$

где:  $S$  - площадь лобового сопротивления мяча, перпендикулярная встречному потоку;  $C$  - коэффициент, величина которого зависит от вида воздушного потока обтекающего мяч - турбулентного (с завихрениями) и ламинарного (плавного);  $\rho$  - плотность среды и  $V$  - скорость полета мяча.

Воздушные потоки неравномерно завихрятся по разные стороны от поверхности мяча, создавая хаотично изменяющиеся во времени разреженные области (закон Бернулли), которые обеспечивают неприятное "рыскание" мяча в полете. Более того, при уменьшении скорости полета мяча, например, с 25 м/с до критической (около 15 м/с), резко изменяется величина коэффициента  $C_x$  и мяч неожиданно "тормозится" в воздухе и падает вниз.

Осмысление этого материала тренером даст возможность целенаправленно обучать волейболистов планирующей подаче, в частности, как дозировать силу удара, чтобы неожиданное падение мяча происходило перед принимающим или за его спиной.

#### 4.1.2. Точность приема мяча

В волейболе прием мяча (например, снизу двумя руками) занимает ведущее место по соотношению объема выполнения технических приемов [48].

Наиболее подробно его кинематика и динамика рассмотрены в работах Ивойлова А.В. (1958, 1984) и Клещева Ю.Н. (1973, 1979). Они в значительной степени определяются скоростью и направлением полета мяча.

Отражение подач осуществляется при так называемом нижнем положении. Обе руки вытянуты вперед. Одна кисть сжата в кулак и вложена в ладонь второй руки. Фаланги больших пальцев прижаты друг к другу и выпрямлены, а кисти, по отношению к предплечью, опущены вниз. Мяч принимается дистальными участками предплечий.

Отбивать мяч можно за счет движения в заданном направлении плеч, либо выпрямления туловища, или разгибания ног (на месте и с шагом). Можно выполнять эти движения одновременно, используя в отдельных случаях кувырок назад.

Точность передачи мяча определяется точностью его приема. При обучении приемам следует опять же учитывать известное из механики правило - угол падения равен углу отражения.

В волейболе направление вылета мяча после его приема зависит от:

- положения отбивающей поверхности;
- направления и скорости движения отбивающей по поверхности;
- места встречи отбивающей поверхности с мячом на его траектории;
- скорости вращения мяча и направления вращения.

Рассмотрим несколько примеров (Рис. 17).

Чтобы отбить мяч неподвижной поверхностью, нужно подставить ее перпендикулярно к линии, делящей угол между направлениями прилета и желаемого отскока мяча пополам (Рис. 17.1, два возможных варианта: А - вид сверху и В - сбоку). Угол падения мяча (1) равен углу отражения (2). Направление вектора скорости вылета мяча будет зависеть от положения "плоскости", образованной предплечьями и запястьями рук (их сечения представлены кружками). Величина скорости вылета мяча зависит не только от скорости его прилета, но и от напряжения мышц рук.

В случае если принимающая поверхность движется с некоторой скоростью ( $V_1$ ), то направление и величина скорости вылета мяча ( $V_2$ ) изменятся по правилу параллелограмма. Сопоставьте в схемах 1а и 1а' углы 2 и 3. Направление удара не будет совпадать с направлением вылета мяча.

Рассмотренные два варианта характерны для больших скоростей - нападающий удар и современная подача. При малых скоростях время контакта с мячом увеличивается и появляется возможность изменить (за время "проводки" мяча) положение принимающей поверхности.

В третьем варианте вращающийся по часовой стрелке мяч ("крученный") ударяется о неподвижную поверхность. Угол отскока (3) мяча будет меньше, чем при первом варианте (Рис. 17 - 1а). Мяч, вращаясь, как бы проталкивает (F) себя вперед. Такой эффект наблюдается при достаточно больших скоростях его вращения. Вращение мяча против часовой стрелки ("резаный" мяч) увеличивает угол отскока (проанализируйте самостоятельно). Наиболее сложным для обучения является смешанный вариант - прием вращающегося мяча

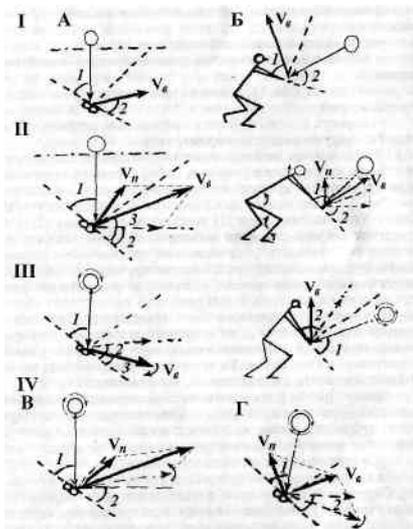


Рис. 17. Влияние положения и направления движения предплечий на угол и скорость вылета мяча.

$V_n$  - вектор скорости вылета мяча;  $V_a$  - вектор скорости предплечий  
 рук (∞-вид сверху - А, Б - с боку)

с одновременным продвижением принимающей поверхности (Рис. 17 - Гуа). Направление скорости вылета мяча образуется сторонами параллелограмма. С одной стороны - вектором скорости ( $V_p$ ) его вылета от неподвижной поверхности, а с другой - вектором скорости движения этой поверхности ( $V_s$ ). Сравните с рисунками Па и Ша.

Основная сложность в обучении приему таких мячей в волейболе и в футболе заключается в том, что ученик уверен в совпадении направления отскока мяча и бьющей поверхности.

Процесс обучения еще больше усложняется, если попытаться вращать мяч при приеме.

Попробуйте проверить справедливость предложенных теоретических суждений на практических занятиях.

Рассмотренные механические и биомеханические основы точности приема мяча думается, верны и при выполнении блока, защиты и, частично верхних передач. Напомним лишь некоторые общепринятые детали техники их выполнения.

*Блок* как прием защиты выставляется у сетки. В зависимости от числа участвующих в образовании блока игроков различают двойной (наиболее часто применяемый), одиночный и тройной блоки. Участвующие в блоке игроки группируются против нападающего игрока, энергично выпрыгивая вверх, поднимая руки над сеткой для того, чтобы как можно круче направить мяч на половину площадки противника. При выполнении соперником нападающего удара (в высоком прыжке), выпрыгивать для установки блока нужно в момент начала движения бьющей руки по мячу.

*Защита* используется в целях отражения нападающих ударов различного характера, если мяч пролетел сквозь блок, и осуществляется так же, как и при подаче противника. Однако мяч должен быть отражен при нахождении его близко к полу. В момент касания мяча игрок должен занять более низкое положение и держать руки почти горизонтально (параллельно площадке), при этом используя различные виды техники падения (скольжение, положение согнувшись, набок и т.д.). Отражение ударов на площадке может осуществляться двумя или одной рукой.

**Верхняя передача** используется, как правило, для подготовки к нападающему удару. Кисти рук с расставленными пальцами принимают вид полусферы. Большой и указательный пальцы образуют "открытый" треугольник и находятся на уровне лба. Передача происходит при выпрямлении всего корпуса. Она может выполняться как в положении стоя передом, спиной и боком, так и в падении и прыжке [85].

#### 4.1.2.1. Роль зрительного анализатора

Точность действий при выполнении приема мяча в волейболе относят к классу движений, связанных с отражением движущихся объектов [6, 10, 13, 24, 76].

Особого внимания заслуживают вопросы исследования информативности глазо двигательной активности [49] и оценки влияния такого фактора, как время прослеживания мяча на точность и структуру движения [31, 40, 41]. Авторами показано уменьшение систематической ошибки и улучшение кучности при увеличении времени прослеживания мяча зрительным анализатором. Установлено, что для выполнения целенаправленных действий необходимо минимальное время прослеживания не менее 240 мс.

Элементарные расчеты показывают, что за это время мяч пролетит со скоростью 25 м/с не более 6 м. Фактически только на его подлете к сетке спортсмен начинает, например, отталкивание от опоры. Время отталкивания в прыжке с места без амортизации около 0,46 с, что соответствует перемещению мяча еще на 6,9 м (при условии, что скорость мяча уменьшится из-за сил сопротивления среды до 15 м/с). Следовательно, теоретически уже на 13 м отметке (линия нападения принимающей команды) можно успешно принять мяч.

Однако при выполнении нападающего удара этого сделать невозможно. Слишком мало время для оценки траектории полета мяча и выполнения двигательного действия. Учитывая, что спортсмены принимают эти мячи, можно выдвинуть только одно объяснение этому факту - умение по движениям атакующего предугадывать направление полета мяча. Подобное умение называется антиципацией, а соответ-

ствующие реакции - антиципирующие.

Эксперименты показали, что увеличение длительности времени прослеживания мяча с 240 мс до 820 мс оказывает существенное влияние на динамику целевой точности [31].

Кроме этого показано, что техника приема снизу и точность находятся в тесной зависимости. Точность отражения определяется структурой построения приема в целом и коррелирует с показателями, характеризующими взаимосвязь работы верхних и нижних конечностей. Более точным попыткам соответствуют меньшие рассогласования во включении в работу верхних и нижних конечностей [74].

Изучение общей проблемы отбивания мячей, летящих с различной скоростью, спортсменами разных специализаций подтверждают результаты полученные на волейболистах (Рис. 18, 19).

Так, в пределах изученного диапазона скоростей полета мяча 7-15 м/с и длительности прослеживания от 80 до 380 мс, успешность отражения не зависит от скорости полета мяча и определяется только длительностью его прослеживания.

В случае полета мяча в трудь наш мозг оценивает удаленность мяча по величине конвергентности глаз (угол поворота их к переносице). Такая информация поступает из проприорецепторов мышц зрительного анализатора.

Это не симметричное быстрое движение глаз неспецифично для человека. Очевидно по этой причине мячи, летящие на спортсмена, отражаются хуже, чем мячи летящие в сторону или вниз. Следовательно, успешность приема подач, также как и антиципация, определяются в большей мере не столько скоростными качествами двигательного аппарата и техникой приема мяча, сколько тренированностью зрительного анализатора. Так, при изменении времени прослеживания полета мяча, длительность моторной фазы ответной реакции не изменяется закономерным образом.

Следовательно, на начальном этапе обучения нужно уделять особое внимание тренировке зрительного анализатора. Например, на длинной нити к потолку подвешивается мяч А тренер или партнер толкают его в направлении переносицы премиремого. В последний момент тот должен уклониться.

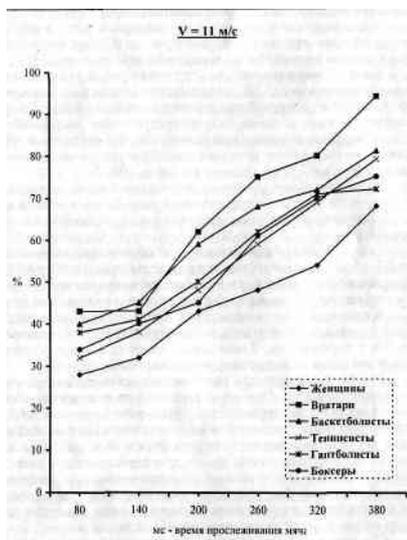


Рис. 18. Успешность отбивания мяча, летящего в сторону руки испытуемого (средние данные).

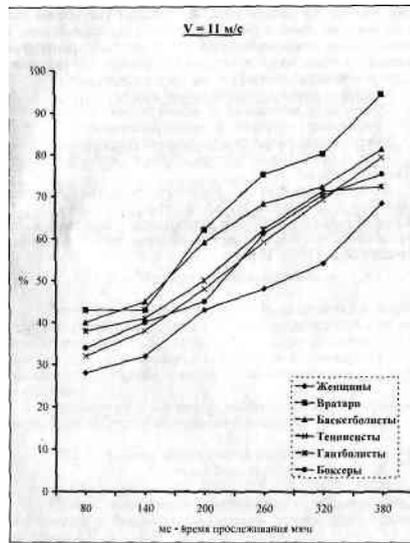


Рис. 19. Успешность отбивания мяча, летящего в направлении груди испытуемого [31].

Такая траектория полета мяча непривычна (неудобна) для мышц глаз, которые в большей степени приспособлены к симметричным движениям (Рис. 18). Методика тренировки зрительного анализатора в каждом конкретном случае должна строиться по принципу - от простого к сложному:

- большое расстояние и малые скорости;
- уменьшать расстояние, не меняя скорости;
- увеличивать скорость, не меняя расстояние;
- увеличивать скорость и уменьшать расстояние;
- мяч вылетает из-за шторы, чтобы спортсмен не видел движений тренера.

В заключении отметим, что у волейболистов после разминки быстрота зрительного восприятия улучшается [54]. С методикой развития точности двигательных действий, в частности юных волейболистов, можно ознакомиться в работах Хаупшева М.Х. (1993, 1995).

## **ГЛАВА 5**

### **КОНТРОЛЬ ЗА ФИЗИЧЕСКИМИ СПОСОБНОСТЯМИ ВОЛЕЙБОЛИСТОВ**

Теоретические основы контроля в спорте и его инструментальные методы достаточно подробно представлены в учебнике "Спортивная метрология" [61].

В настоящей главе основное внимание сконцентрировано на результатах исследований, касающихся вопросов тестирования физических способностей волейболистов.

#### **5.1. Тестирование в волейболе**

Согласно определению, тестом называется измерение или испытание, проводимое с целью определения состояния или способностей спортсмена. Процедура тестирования требует от тренера понимания того, что он оценивает и на основе каких показателей, а также с какой точностью они зарегистрированы.

Тестирование является инструментом проверки правильности выбора и обоснования методики тренировки.

##### **5.1.1. Оценка прыжковой подготовленности волейболисте в**

Оценке прыгучести спортсменов посвящено большое количество работ, хотя сам термин "прыгучесть" строго не определен [72].

Высоту прыжка измеряют разными способами.

Первый - по времени полета, зарегистрированного с помощью контактного устройства. Это время делят пополам, предполагая, что первую его половину тело летит вверх, а

другую - вниз. Далее определяют высоту прыжка, подставляя время полета тела вверх в формулу:

$$h = 1/2 \cdot g \cdot t^2$$

Но, во время отрыва стоп от контактного устройства спортсмен имеет одну позу (выпрямленные ноги и руки впереди - вверх), а при приземлении - другую позу (колени согнуты до 150°, руки опущены вниз), следовательно, движение вниз длилось дольше, чем движение вверх. А при вычислении почему-то делят общее время полета пополам. Отсюда возникает большая погрешность измерения, позволяющая признать этот метод некорректным.

Во втором способе высоту прыжка измеряют по методу Абалакова. Вытягивание в прыжке сантиметровой ленты, привязанной к поясу спортсмена. Недостатки этого метода очевидны:

- оценивается высота вылета точки крепления ленты, а не ОЦТ тела;

- если спортсмен выпрыгивает не идеально вверх (а это именно так и происходит на практике), то, при равной высоте выпрыгивания, лента вытянется больше у того из двух спортсменов, кто отклонится от вертикального направления.

Одним из наиболее точных методов определения высоты прыжка считается ее расчет через импульс силы, зарегистрированный с помощью тензоплатформы:

$$V = \int F dt / m; h = 1/2 \cdot V^2 / g$$

При проведении корреляционного анализа между высотой прыжка, измеренной одновременно данным способом (эталон) и способами, указанными выше была обнаружена слабая связь -  $r$  не более 0.7. Поэтому, согласно основам теории теста, надежность этих измерений неудовлетворительная.

Наибольшее предпочтение тренеры стали отдавать самому простому способу - касание в прыжке пальцами, намазанными мелом, стенда. Из этой высоты вычитают высоту

при вставании на носки с вытянутой вверх рукой. Можно также определять высоту прыжка по киносъемке, рассчитав по теореме Вариньена положение ОЦМ тела спортсмена в момент отрыва стоп от опоры и в высшей точке траектории.

Тестирования с применением подобных методов регистрации высоты прыжка позволили получить ряд интересных данных прыжковой подготовки волейболистов.

Например, показано статистически достоверное увеличение средней высоты прыжка с возрастом и с ростом мастерства юных волейболистов. Величина выпрыгивания увеличивается с  $35.5 + 5.2$  см (в 12 лет) до  $48.3 \pm 3.3$  см (в 17 лет) [57]. Аналогичные тенденции обнаружены и в работах [15, 65].

На основе этих тенденций рассчитаны контрольные нормативы физической подготовки юных волейболистов в прыжках вверх и в длину с места [29]. Аналогичным способом оценивался уровень специальной физической подготовки высококвалифицированных волейболистов [14].

С помощью оптических методов установлено, что при выполнении прыжка вверх с 2 - 3 шагов разбега, средняя высота у волейболистов экстракласса достигает, по данным разных авторов, соответственно  $0.71 \pm 0.04$  м (средний рост  $1.85 \pm 0.05$  м) [99], и  $0.88$  м ( $0.66 - 1.08$ ) [95].

Основным и, пожалуй, самым серьезным недостатком в подобных тестированиях является отсутствие теоретического обоснования их проведения.

#### **5.1.2. Биомеханическое обоснование оценки прыжковой подготовленности**

Методика прыжковой подготовки и контроль за ней должны осуществляться с учетом режима сокращения мышцы, а, следовательно, и вклада ее компонентов при реализации трех основных биомеханизмов взаимодействия волейболиста с опорой в прыжках.

Основная идея такого подхода к тестированию волейболистов представлена на рисунке 20.

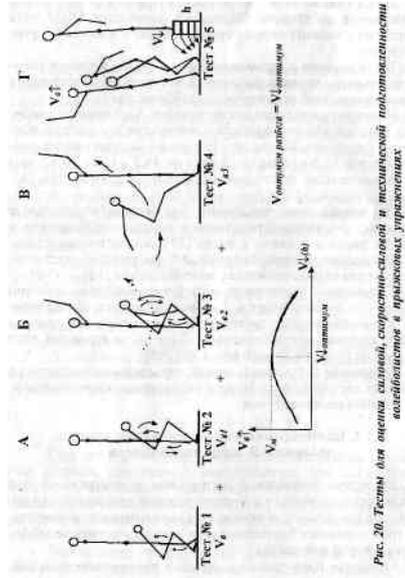


Рис. 20. Тесты для оценки силевой, скорости-силевой и точностной подготовленности вождения в прыжковых устройствах.

Результат в первом задании позволяет косвенно оценить вклад сократительных компонентов мышц (преодолевающий режим сокращения) в реализацию биомеханизма разгибания ног и выпрямления туловища - прыжок вверх из стандартной позы без маха руками и без амортизации (тест 1).

Второй показатель - это разница между результатом теста 1 и высотой прыжка в тесте 2 с амортизацией - уступающий режим сокращения. Он позволяет оценить вклад упругих компонентов мышц в том же биомеханизме (Рис. 20 А).

Третий показатель указывает, насколько увеличилась высота прыжка в результате реализации биомеханизма маховых движений руками (Рис. 20 Б). Он рассчитывается по разности результатов тестов 3 и 2.

Четвертый показатель - разность между высотой прыжка в 4 и 3 тестах. Оцениваются возможности спортсмена увеличивать высоту прыжка за счет использования биомеханизма "перевернутого маятника" в прыжке вверх с разбега с махом руками (Рис. 20 В).

Пятое тестирование проводится с целью выявления оптимальной высоты спрыгивания для достижения максимальной высоты прыжка, а, следовательно, и оптимальной скорости растягивания мышц нижних конечностей в уступающем режиме (Рис. 20 Г).

Такая организация тестирования позволяет конкретизировать содержание предмета обучения.

Рассмотрим конкретный пример. Два спортсмена (юные волейболисты) прыгнули с места с махом руками на одну и ту же высоту (или длину) и показали при этом лучшие результаты в группе. Но в прыжках без маха руками первый прыгнул на 20 % ниже результата предыдущего теста. Второй - повторил результат предыдущего теста. Следовательно, второму нужно тренироваться правильно выполнять маховые движения руками (их вклад равен нулю), так как он достиг лучшего результата благодаря скоростно-силовой подготовке мышц нижних конечностей. А первому спортсмену необходимо делать все наоборот - заниматься скоростно-силовой

подготовкой мышц нижних конечностей.

Более того, сравнивая результаты первого и второго тестов, можно определить, что тренировать в мышцах нижних конечностей у первого волейболиста - мощность сократительных компонентов (упражнения в преодолевающем режиме с соответствующими отягощениями) или умение использовать упругие свойства коллагеновых капсул мышц (упражнения в уступающем режиме с соответствующей скоростью растягивания мышц и оптимальной амплитудой движений в суставах).

#### 5.1.3. Контроль за специальной силовой подготовленностью

Оценка силовых возможностей мышц нижних конечностей проводится чаще всего в изометрическом режиме. Далее происходит тренировка с выполнением упражнений определенного объема и интенсивности с повторным тестированием.

Классическими работами этого направления стали результаты исследований Gary L. Smidt (1973). Автор отмечает, что максимум усилия четырехглавая мышца бедра создает при угле в коленном суставе близком к  $120^\circ$  при трех режимах сокращения - изометрическом, преодолевающем и уступающем. Аналогичные данные для статического режима получены в работах Верхошанского Ю.В. (1963, 1972), Clarke H.H. et al. (1956), Райцин Л.М. (1973) (См. также рисунок 4).

Результаты, представленные и обсужденные в разделе 2.1, думается, убедили читателя в том, что целесообразней оценивать скоростно-силовые способности мышцы нижних конечностей в тесте, измеряющем давление ног (ноги) на опору (Рис. 4).

#### 5.1.4. Прыжковая выносливость волейболистов

Анализ игр волейболистов показал, что прыжковая работа является одним из основных элементов технических действий на площадке.

Материал, рассмотренный в предыдущих разделах, позволяет констатировать, что прыжковая выносливость волейболистов - комплексная проблема, затрагивающая вопросы технической подготовки и развития их физических способностей.

В настоящем разделе этот вопрос затронут с позиции биомеханики по схеме - определение выносливости, показатели выносливости и тесты для оценки уровня прыжковой выносливости.

Прежде всего, отметим, что в различных работах нет единого мнения в определении понятия выносливости [25, 46, 53, 60].

Речь идет либо о времени выполнения работы или об утомлении. Стал так же встречаться новый термин - адаптация организма к нагрузкам.

В учебнике по биомеханике под физическим качеством "выносливость" принято понимать способность человека выполнять какую-либо работу длительное время без снижения ее эффективности [25].

Контроль за уровнем развития выносливости рекомендуется проводить по трем группам показателей [61]:

1. Показатели объема выполненной работы - дистанция

(5), количество повторений («), выполненная работа (А).

2. Показатели интенсивности выполненной работы -

скорость (У), темп движений (/) и мощность (/\*).

3. Время выполнения задания.

В частности, в работе Максименко Г.Н. (1978) прыжковую выносливость юных волейболистов определяли по количеству прыжков и другим упражнениям, выполненным с максимальной интенсивностью за минуту. С их помощью, как считает автор, можно более точно планировать нагрузку на протяжении недели, месяца, года и при составлении перспективного плана тренировки.

Вопросам специальной выносливости посвящены также работы Клещева Ю.Н. (1973), Евстигнеев Н.К. (1976), Иорданская Ф.А., Карполь Н.В. (1995) и др.

Дано определение прыжковой выносливости - "способность к многократному повторению прыжковых игровых

действий с оптимальными мышечными усилиями". По мнению автора, этот вид выносливости проявляется в прыжках для нападающего удара, установки блока, выполнению вторых передач. Автор предлагает следующую дозировку физической нагрузки:

- продолжительность серии 1 - 3 минуты;
- интенсивность близкая к максимальной;
- паузы отдыха между сериями 1 - 4 минуты;
- количество серий 5-8.

Предпочтительные методы тренировки: повторный и интервальный до отказа. В качестве основного средства предложены прыжковые упражнения со штангой на плечах весом 20 кг из глубокого седа [44].

Как уже было показано во второй главе, кинематика упражнений со штангой не соответствует прыжковым упражнениям в волейболе. Кроме этого, прыжки с этим снарядом создают крайне нежелательные ударные нагрузки на позвоночный столб и не позволяют выполнять прыжковую работу с махом руками. Поэтому перенос тренировочного эффекта на прыжки с махом руками незначителен [26].

Оценку элементарных форм проявления скоростных качеств, например, такого как темп прыжковых движений, желательно проводить на удобной для спортсмена частоте - явление физиологического резонанса. В ответ на механическое растягивание активных мышц нижних конечностей, в них возникает дополнительное возбуждение по рефлекторному кольцу (миототический и супраспинальный рефлекс на растяжение мышечных рецепторов). При удобном темпе рефлекторный ответ приходит на период смены уступающего режима сокращения мышц на преодолевающий.

Определить оптимальный темп достаточно просто. Предложите спортсмену попрыгать вверх в удобном для него темпе и высоте прыжков в течение минуты ("как мячик"). Темп не изменится при прыжках на одной или двух ногах. Его величина не связана с ростом и весом, как детей, так и взрослых (не опубликованные данные из работы [72]). Вероятно, оптимальный темп определяется композицией мышечных волокон нижних конечностей (быстрые и медленные).

Выявлены статистически достоверные отличия оптимального темпа у спортсменов ряда специализаций.

Кроме перечисленных выше способов оценки прыжковой выносливости волейболистов можно рекомендовать прыжки вверх с махом и без маха руками, с паузой или без паузы в 3 секунды после приземления и т.д.

Вопросы тренировки и оценки локальной мышечной и общей выносливости волейболистов изучены еще недостаточно.

В этой связи можно порекомендовать следующий тест. Спортсмен выполняет максимально возможное количество прыжков вверх с места (любой вид из перечисленных выше). Оцениваются показатели общего объема выполненной работы ( $V, \text{ м}^3$ ) и ее продолжительность ( $t$ ). Время выполненной работы необходимо разделить на два интервала. В первом - высота прыжков будет относительно постоянной, во втором - она будет неуклонно уменьшаться от прыжка к прыжку до момента отказа испытуемого выполнять работу. Эта недостающая суммарная высота прыжка, вместе с продолжительностью первого и второго интервалов времени, будут характеризовать локальную мышечную и общую выносливость волейболистов.

Максимальная высота прыжка отразит силовую, скоро-стно-силовую или техническую подготовленность волейболистов (См. Рис. 20).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многообразие видов спорта и физических упражнений порождает лабиринты поиска и заблуждений, в которых тренеры и спортсмены методом проб и ошибок ищут заветный выход - рациональную методику тренировки для достижения лучших результатов в спорте или укрепления здоровья населения страны.

Основным средством в достижении поставленной цели является упражнение. Что же тренировать - физические качества или обучать двигательным действиям, т.е. формировать технику их исполнения? В какой последовательности должен осуществляться этот педагогический процесс и какое место в нем занимают вопросы адаптации систем жизнеобеспечения организма (сердечно-сосудистой, дыхательной, эндокринной и т.д.) в увеличении функциональных возможностей опорно-двигательного аппарата? В меньшей степени тренеры задумываются над системой тренировки аппарата управления - центральной нервной системы (ЦНС).

В настоящей книге авторы попытались на примере одного вида спорта продемонстрировать некоторые возможности такого мощного инструмента как биомеханика для решения возникающих вопросов. В этом смысле ее можно уподобить нити Ариадны из лабиринта Минотавра. В какой степени это удалось авторам, судить читателю.

Преподавание биомеханики и спортивной метрологии студентам и слушателям высшей школы тренеров Академии физической культуры сформировало личное мнение (с которым читатель может и не согласиться) о том, что на ранней стадии формирования двигательных навыков происходит тренировка анализаторных и рецепторных систем аппарата управления. Очевидно, на основе их информации мозг формирует двигательные программы. Вопрос заключается только в том, когда наступит сенситивный период для тренировки того или иного анализатора или рецепторов и какие уп-

ражнения будут способствовать его развитию для формирования двигательных программ в центральной нервной системе. Тренировка в более ранний или поздний период не обеспечивает столь существенного эффекта.

Например, известно, что мышечные рецепторы (про-приорецепторы) сигнализируют центральной нервной системе о состоянии и скорости изменения состояния мышечного волокна (положение конечности и скорости ее перемещения). Соответствующие упражнения в сенситивном периоде могли бы развить мышечное чувство. При этом желательно исключить подсказку ЦНС, например, зрительного анализатора. Ребенок надел очки без стекол с открывающимися вниз темными шторками. Он видит летящий мяч, но не видит положение своих рук при приеме его снизу.

В заключении по изложенному в главах материалу хотелось бы, чтобы читатель задумался не только над тем, какие мышцы он тренирует, в каком режиме сокращения, против какой природы сил (масса, пружина, водная среда и т.д.), но и какие анализаторные и рецепторные системы ответственны за формирование двигательного навыка.

# БИБ ЛИО ГРА ФИЯ :

1. Айрапет А.Г. Волейбол. - М.: Физкультура и спорт, 1976. - 230 с., с ил.
2. Алексеев С.И. О биомеханических закономерностях нападающего удара в связи с травматизмом коленных суставов у волейболистов. //Теория и практика физической культуры. - 1970. - № 2. - С. 58-62.
3. Аруин А.С., Ветков И.И., Запороцкий В.М., Раичин Л.М., Ширковец Е.А. Влияние упругих сил мышц на эффективность мышечной работы. //Физиология человека. - Т. 3. - № 3. - М., 1977. - С. 519-525.
4. Аруин А.С., Запороцкий В.М. Эргономическая биомеханика. - М., 1989. - 247 с., с ил.
5. Аунин А.К. Об оценке соревновательной ситуации и ее последствий у волейболистов. Автореф. дис. ... канд. пед. наук. - Тарту, 1969. - 39 с.
6. Ахмеров Э.К. Вариативность некоторых двигательных действий волейболистов в ситуации взаимодействия с мячом //Материалы республик. конф. "Вопросы теории и практики физической культуры и спорта". - Минск, 1973. - С. 58-61.
7. Ахмеров Э.К. Приспособительные изменения движений в технике нападающего удара у волейболистов //В сб.: Вопросы теории и практики физической культуры и спорта. - Минск: Высшая школа, 1976. - Вып. 6. - С. 65-69.
8. Ахмеров Э.К. Специализация средств обучения волейболистов технике выхода к мячу в нападающем ударе //Теория и практика физической культуры. - 1977. - № 9. - С. 24-27.
9. Ахмеров Э.К., Навойлов А.В. Механографический метод регистрации кинематических характеристик разбега и прыжка волейболиста //Теория и практика физической культуры. - 1970. - № 4. - С. 66.
10. Ахмеров Э.К., Лосилов А.И. Методика регистрации точности специфической реакции на движущийся объект у волейболистов. Материалы III Республ. конф. "Вопросы теории и практики физической культуры и спорта". - Минск, 1973. - Ч.1. - С. 134-138.
11. Бартошиц Клаус. Биомеханический анализ действий в некоторых видах спорта. Автореф. дис. ... канд. пед. наук. - М., 1975. - 22 с.
12. Башлыков Н.П., Горюнов С.В. Техника выполнения баскетбольного броска при разных требованиях к его продолжительности //Теория и практика физической культуры. - 1985. - № 8. - С. 10-12.
13. Башлыков Н.П., Катков М.Х. Оценка точности двигательных действий (Лекция для студентов, аспирантов и слушателей факультета повышения квалификации ЦОЛИФКа). - М., 1989. - 20 с.
14. Беляев А.В. Исследование тренировочных и соревновательных нагрузок в волейболе. Автореф. дис. ... канд. пед. наук. - М., 1974. - 28 с.
15. Брызг М.С., Сильвао Наварро. Критерии отбора волейболистов на Кубе //Теория и практика физической культуры. - 1983. - № 8. - С. 53-56.
16. Вайн А.А. Явление передачи механического напряжения в скелетной

- мышце (Сектор микропроцессорной техники и биомеханики лаборатории электроинженерии и полупроводников Тартуского университета), Тарту, Эстония. - 1990.
17. *Верховинский Ю.В.* Экспериментальное обоснование средств скоростно-силовой подготовки в связи с биодинамическими особенностями спортивных упражнений (на материале прыжковых упражнений): Автореф. дис. ... канд. пед. наук. М., 1963. - 20 с.
  18. *Верховинский Ю.В.* Роль маховых движений в отталкивании // Легкая атлетика. - 1963. - № 11. - С. 22-23.
  19. *Верховинский Ю.В.* Исследование закономерностей процесса становления спортивного мастерства в связи с проблемой оптимального управления многолетней тренировкой: Автореф. дис. ... докт. пед. наук. М., 1972. - 26 с.
  20. *Волков В.И., Белая Н.А., Смирнов Ю.И.* Факторная структура специальной выносливости волейболистов // Теория и практика физической культуры. - 1977. - № 8. - С. 21-28.
  21. *Гафаров Х.З., Тимчурина С.Г., Андреев П.С.* О пропорциональности костей таза и бедренной кости // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. - 1983. - № 5. - С. 35-41.
  22. *Головина Л.Д., Маслягин Н.А., Обухова Н.З.* Зависимость между высотой прыжка и силой мышц спортсменов // Теория и практика физической культуры. - 1973. - № 1. - С. 18-20.
  23. *Голомазов С.В.* Точность двигательных действий (Учебное пособие для студентов институтов физической культуры). - М., 1979. - 43 с.
  24. *Голомазов С.В., Защирский В.М.* Точность двигательных действий. - М.: ЦОЛИИФК, 1979.
  25. *Донской Д.Д., Защирский В.М.* Биомеханика (Учебник для ИФК). - М.: Физкультура и спорт, 1979.
  26. *Дорони А.М.* Скоростно-силовая подготовка спортсменов с использованием машины управляющего воздействия: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. - М., 1992. - 18 с.
  27. *Бостисневич Н.К.* Методика оценки анаэробной способности волейболистов // Теория и практика физической культуры. - 1976. - № 7. - С. 31-33.
  28. *Железняк Ю.Д.* 120 уроков по волейболу. - М.: Физкультура и спорт, 1970. - 190 с., с ил.
  29. *Железняк Ю.Д., Клецов Ю.Н., Чехов О.С.* Подготовка юных волейболистов. - М.: Физкультура и спорт, 1967. - 295 с.
  30. *Защирский В.М., Казаков П.Р., Смирнов Г.А.* Факторы влияющие на точность ударов фудболистов // Теория и практика физической культуры. - 1975. - № 5. - С. 15-20.
  31. *Защирский В.М., Голомазов С.В., Казиев М.Х.* Успешность приема мячей в зависимости от скорости, направления и длительности прослеживания их полета // Теория и практика физической культуры. - 1984. - № 8. - С. 12-14.
  32. *Зафесов А.М.* Биомеханические основы обучения технике прыжков

- начинающих волейболисток: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. - Майкоп, 1995. - 23 с.
33. *Иванченко Т.Д.* Педагогическая характеристика коллективной игровой деятельности волейболистов и методика ее оценки: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. - М., 1983. - 22 с.
34. *Ивойлов А.В.* Тактическая подготовка волейболистов. - М.: Физкультура и спорт, 1958. - 276 с.
35. *Ивойлов А.В.* Сравнительный анализ техники нижних передач в волейболе // Теория и практика физической культуры. - 1967. - № 11. - С. 34-37.
36. *Ивойлов А.В.* Волейбол. Очерки по биомеханике и методике тренировки. - М.: Физкультура и спорт, 1984. - 151 с.
37. *Ивойлов А.В., Герман К.Б., Ахмеров Е.К.* Волейбол. - Минск: Высшая школа, 1972. - 140 с.
38. *Ивойлов А.В.* Волейбол. - Минск: Высшая школа, 1979. - 192 с.
39. *Породомская Ф.А., Картоль Н.В.* Значение функциональной подготовки в процессе тренировки высококвалифицированных волейболисток // Теория и практика физической культуры, 1995. - № 2. - С. 16-20.
40. *Казиев М.Х., Баимыков И.П.* Успешность отбивания летящего мяча и влияющие на нее факторы // Теория и практика физической культуры. - 1985. - № 4. - С. 7-10.
41. *Казиев М.Х., Геломатов С.В., Баимыков И.П., Власова В.И.* Совершенствование приема мяча при различных сочетаниях времени проследования и скорости полета // Теория и практика физической культуры. - 1986. - № 7. - С. 48-50.
42. *Казьмин В.И.* Методы повышения группового взаимодействия волейболистов: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. - М., 1983. - 24 с.
43. *Клинов С.В.* Влияние высоты прыжков на кинематические характеристики отталкивания в прыжках в глубину // Материалы итог. науч. конф. ВНИИФК за 1974 г. - М.: ВНИИФК, 1976. - С. 95-96.
44. *Клецев Ю.Н.* Организационно-методические основы системы многолетней подготовки команд высших разрядов по волейболу: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. - М., 1973. - 24 с.
45. *Клецев Ю.Н., Фурманов Н.Г.* Юный волейболист. - М.: Физкультура и спорт, 1979. - 231 с., с ил.
46. *Кол Я.М.* Спортивная физиология. - М.: Физкультура и спорт, 1986. - 240 с., с ил.
47. *Куцайкин В.В.* Биомеханический анализ прямого нападающего удара и экспериментальное обоснование эффективных средств его совершенствования: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. - М., 1971. - 23 с.
48. *Максименко Г.Н., Касаткин А.Н., Филин В.П., Шевцов В.Г.* О критериях оценки интенсивности тренировочных нагрузок у специализирующихся по спортивным играм // Теория и практика физической культуры. - 1978. - № 9. - С. 40-42.
49. *Матюковский С.В.* Исследование информативности глазодвигательной активности // Теория и практика физической культуры. - 1975. - № 5. - С.

50. *Махалзов А.Р.* Исследование и совершенствование средств и методов развития волейболиста: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. - М., 1979. - 24 с.
51. *Масальгин Н.А., Головина Л.Л., Обухова З.Н.* О факторной структуре взрывного усилия мышц // Теория и практика физической культуры. - 1975. - № 9. - С. 12-14.
52. *Масальгин Н.А., Лукшних М.Т., Головина Л.Л., Обухова З.Н.* Применение электромиографии при тестировании скоростно-силовой выносливости // Теория и практика физической культуры. - 1981. - № 1. - С. 22-24.
53. *Матвеев Л.П., Новиков А.Д.* Теория и практика физического воспитания. - М.: Физкультура и спорт, 1976. - 256 с., ил.
54. *Нерсесян Л.С.* Влияние разминки на скорость зрительного восприятия у волейболистов // Теория и практика физической культуры. - 1964. - № 6. - С. 61-63.
55. *Оскалкова В.А.* Анализ техники нападающего удара и методика обучения приемам нападения: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. - М., 1954. - 12 с.
56. *Оскалкова В.А., Сулгуров М.С.* Волейбол. - М.: Физкультура и спорт, 1956. - 238 с., с ил.
57. *Подшивов Б.А., Тарновольская О.К.* Исследование структуры скоростных качеств у юных волейболистов // Теория и практика физической культуры. - 1979. - № 9. - С. 37-39.
58. *Райцин Л.М.* Влияние положения тела на проявление и тренировку силовых качеств: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. - М., 1973. - 27 с.
59. *Райцин Л.М.* Эффективность изометрической и электростимуляционной тренировки мышечной силы при разных суставных углах // Теория и практика физической культуры. - № 12. - С. 33-35.
60. *Сетуяков В.Н.* Методы построения физической подготовки спортсменов высшей квалификации на основе имитационного моделирования: Автореф. дис. ... докт. пед. наук. - М., 1992. - 47 с.
61. *Спортивная метрология: Учебник для институтов физической культуры (Под ред. Захаровского В.М.).* - М.: Физкультура и спорт, 1982. - 256 с., с ил.
62. *Томышев О.П.* Исследование соотношений стабильности и вариативности некоторых технических приемов волейбола: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. - М., 1968. - 24 с.
63. *Томышев О.П., Александров С.И., Романов П.В.* Исследования ударного движения в волейболе методами электрогониометрии и электромиографии // Теория и практика физической культуры. - 1976. - № 6. - С. 57-60.
64. *Фюденко К.* Функции некоторых двусуставных мышц бедра в спортивных упражнениях: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. - М., 1959. - 13 с.
65. *Филин В.П., Касаткин А.Н., Максименко Г.Н.* Взаимосвязь физических качеств, технической подготовленности и спортивного результата волейболистов различного возраста // Теория и практика физической культуры. - 1977. - № 5. - С. 16-20.
66. *Филин Е.В.* Биомеханическая структура прямого нападающего удара в

- волейбол // Теория и практика физической культуры. - 1967. - № 4. - С. 7-8.
67. Хатко В.Е. Исследование техники прямого нападающего удара и верхней прямой планирующей подачи в игре волейбол с учетом условий избирательных педагогических воздействий: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. - Киев, 1978. - 24 с.
68. Лютинер М.Х. Методика развития точности двигательных действий юных волейболистов на основе учета их индивидуальных особенностей // Теория и практика физической культуры, из портфеля редакции. - 1993. - № 5. - С. 5-6.
69. Мадусев М.Х. Развитие точности двигательных действий у юных волейболистов 13-16 лет: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. М., 1995. - 29 с.
70. Лизл А. Механика мышечного сокращения. - М.: Мир, 1972. - 183 с., с ил.
71. Черешнева Л.А. Специфика развития скоростно-силовых качеств у девочек и девушек, систематически занимающихся спортом // Теория и практика физической культуры. - 1968. - № 12. - С. 32-35.
72. Шахманов А.А. Взаимодействие с опорой в прыжках как предмет обучения: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. - М., 1986. - 23 с.
73. Шахманов А.А., Шахманов А.А. Основные механизмы взаимодействия с опорой в прыжковых упражнениях // Методические рекомендации для слушателей Высшей школы тренеров, факультетов усовершенствования и повышения квалификации. - М., 1990. - С. 16-25.
74. Шейх Мухамед Бен Саад (Тунис). Влияние времени проследивания мяча на двигательную структуру и успешность приема сингу двумя руками в волейболе: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. - М., 1987. - 22 с.
75. Asmussen E., Pond - Petersen F. Storage of Elastic Energy in Skeletal Muscles in Man // Acta Physiological Scandinavica. - 1974. - V. 91. - P. 385-392.
76. Bahill A.T., Laruz T. Why Can't Batters Keep Their Eyes on the Ball? - American Sciences Press, 1986.
77. Berger R.A. Effects of Dynamic and Static Training on Vertical Jumping Ability // Research Quarterly. - 1963. - v. 34. - № 3. - P. 201-204.
78. Berger R.A., Henderson J.M. Relationship of Power to Static and Dynamic Strength // Research Quarterly. - 1966. - v. 37. - № 1. - P. 9-13.
79. Bosco C. Stretch-Shortening Cycle in Skeletal Muscle Function // Studies in sport, Physical education and Health in University of Jyväskylä. - Jyväskylä, 1982. - 64 p.
80. Cavagna G.A., Dusman B., Margaria R. Positive Work Done by a Previously Stretched Muscle. - J. Appl. Physiol., 1963. - V. 24. № 1. - P. 21-23.
81. Clark H.H., Elkins E.C., Martin G.M. Relationship Between Body Position and the Application of Muscle Power to the Movements of the Joints // Archives of Physical Medicine. 1950. - V. 31. - P. 81-89.
82. Corser T. Co-contraction and Reciprocal Relaxation in the Ankle Plantarflexors and Dorsiflexors during Rapid Stepping and Jumping // Electro-

- myography and Clinical Neurophysiology. - 1973. - V. 13. - P. 289-309.
83. *Hay J.G.* Biomechanical Aspects of Jumping //Exercise of Sports Sciences Reviews /Ed. by Jh. Wilmore, J.E. Keogh. - New York: Academic Press, 1975. - V. 3. - P. 135-161.
84. *Hill A.V.* The Heat of Shortening and Dynamic constants of Muscle //Proceedings of Royal Society. - 1938. - V. 126 B. - P. 136-195.
85. *Jewell B.R., Wilkie D.R.* Analysis of the Mechanical Components in Frog's striated Muscle //Physiology. - 1958. - V. 143. - P. 515-540.
86. *Günter E.* et al. *Körperkultur und Sport //Rleine Enzyklopedie /VEB Bibliographisches Institut Leipzig. - 1979.*
87. *Komi P.V., Bosco C.* Utilization of Elastic Energy in Jumping and it's Relation to Skeletal Muscle Fibre Composition in Man. //Biomechanics VI-A /Ed. by A. Asmussen, K. Jorgensen. Baltimore: University Park Press, 1978. - P. 79-85.
88. *Luchtanen P., Komi P.V.* Segmental Contribution to Forces in Vertical Jump //European Journal of Applied Physiology. - 1978. - P. 181-188.
89. *Marhold G.* Zum Problem des optimalen Beschleunigungsweges bei sportlichen Hochsprüngen //Biomechanics I. /1st. int. Seminar Zurich, 1967. - Basel; Switzerland: S. Karger AG, 1968. - P. 161-164.
90. *Marin T.P., Snell G.A.* Effects of Various Knee Angle and foot Spacing Combinations on Performance in the Vertical Jump //Research Quarterly. - 1969. - V. 49. - № 2. - P. 324-331.
91. *Mattson B., Bouisset S.* Motor Unit Activity and Preprogramming of Movement in Man //Electroencephalography and Clinical Neurophysiology. - 1975. - V. 38. - № 6. - P. 658-660.
92. *Meilly-Jones G., Warr D.G.D.* Muscular Control of Landing from Unexpected Falls in Man //Physiology. - 1974. - V. 219. - P. 729-737.
93. *Miller D.J.* A Comparative Analysis of Ite Take-off Employed and Reverse Groups //Fourth International Seminar on Biomechanics /The Pennsylvania State University; August 26-31, 1975. - P. 1-36.
94. *Miller D.J., East D.J.* Kinematic and Kinetic Correlates of Vertical Jumping in women //Biomechanics V-B /Ed. by P. Komi. - Baltimore: University Park Press, 1976. - P. 65-72.
95. *Moser C., Sabarowski J.* Zum biomechanischen prinzip der koordination von teilempulsen bien frontalen angrif schlag volleyballspiel //Theorie und Körperkultur. - 1974. - № 7. - P. 640-645.
96. *Oba H., Okamoto T., Kamamoto M.* Electromyographic and cinematographic study of the volleyball spike //Biomechanics V-B /Ed. by P.V. Komi. - Baltimore: University Park Press, 1976. - P. 326-331.
97. *Peterson F.B.* Muscular Training by Static, Concentric and Eccentric Contraction //Acta Physiologica Scandinavica. - 1960. - V. 48. - P. 406-416.
98. *Smidi G.L.* Biomechanical Analysis of Knee Flexion and Extension //Biomechanics. - 1973. - V. 6. - № 1. - P. 79-92.
99. *Somson J., Roy B.* Biomechanical Analysis of the Volleyball Spike //Biomechanics V-B /Ed. by P.V. Komi. - Baltimore: University Park Press, 1976. - P. 332-336.

100. *Thorstensson A., Karlsson J., Viitasalo J.H.T.* Effect of Strength Training on EMG of Human Skeletal Muscle // *Acta Physiologica Scandinavica*. - 1976. - V. 98, - № 2. - P. 232-236.
101. *Yamashita N., Kawanoto M.* Force generation in leg extension // *Biomechanics V-B* /Ed.by P.V. Komi. - Baltimore: University Park press, 1976. - P. 41-45.

**Шалманов А.А., Зафеев А.М., Дорони А.М.**  
**Биомеханические основы волейбола**

Подписано в печать 15.08.98 г. Слоно в набор 21.08.98 г.  
Бумага офсетная № 1. Формат бумаги 60 × 84 1/8. Способ печати офсетный.  
Усл. печ. л. 5,65. Заказ № 2221. Тираж 120 экз.  
Отпечатано с гелевого оригинал-макета в республиканском издательско-полиграфическом объединении "Адыгея" Министерства печати, информации и общественно-политического просвещения Республики Адыгея.  
г. Майкоп, ул. Пиптерская, 268.