

279

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
И ОРДЕНА КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ имени П. Ф. ЛЕСГАФТА

На правах рукописи

AA

ПЕРШИН
Александр Николаевич

**БИОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ
ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ УДАРНЫМ ДЕЙСТВИЯМ**

13.00.04 — ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ
И СПОРТИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата педагогических наук

ЛЕНИНГРАД
1979

Диссертация выполнена на кафедре биомеханики (зав. кафедрой — кандидат биологических наук КОЗЛОВ И. М.) Государственного ордена Ленина и ордена Красного Знамени института физической культуры им. П. Ф. Лесгафта (ректор института — кандидат философских наук, доцент АГЕЕВЕЦ В. У.).

Научный руководитель —

кандидат биологических наук, доцент ИВАНОВА Г. П.

Официальные оппоненты:

доктор педагогических наук, профессор ДОНСКОЙ Д. Д.,
кандидат педагогических наук, доцент ГУРОВИЧ Л. И.

Ведущее научное учреждение — Киевский государственный институт физической культуры.

Защита диссертации состоится « 17 » ~~сентября~~ 1979 г. в 13 часов на заседании специализированного совета К 046.03.01 Государственного ордена Ленина и ордена Красного Знамени института физической культуры им. П. Ф. Лесгафта (Ленинград, 190121, ул. Декабристов, 35).

С диссертацией можно ознакомиться в читальном зале института.

Автореферат разослан « 17 » ~~сентября~~ 1979 г.

Ученый секретарь
специализированного совета, доцент

ЧЕРНЯЕВ Г. И

79/16

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Проблема поиска эффективных методов и средств обучения двигательным действиям и их совершенствования является одной из важнейших в теории и практике физического воспитания. Решение проблемы связано с широким использованием в учебно-тренировочном процессе в последние годы тренажерных устройств. Однако в спортивных играх технические средства обучения быстропротекающему ударному действию, являющемуся основным средством ведения борьбы, малочисленны и разработаны, в большинстве случаев, без достаточного биомеханического обоснования. Анализуются отдельные элементы кинематической структуры движения и ее перестройки при использовании тренажерных устройств; решающая фаза действия – фаза соударения, определяющая характеристики вылета снаряда, не анализируется. Не исследованы вопросы организации суставной жесткости биомеханических систем при соударении, взаимосвязи жесткости с характеристиками и эффективностью удара. Не определены факторы, оказывающие влияние на управление ударным действием. Не проанализирована динамика ряда важнейших характеристик движения при использовании тренажерных устройств. Малое количество экспериментальных исследований по перечисленным вопросам и отсутствие научно-обоснованной методики использования технических средств обучения ударам обуславливают актуальность задач, поставленных в настоящей работе.

Гипотеза, цель и задачи исследования. Предполагалось, что выявление общих закономерностей и управляемых параметров ударных действий и целенаправленное, с использованием тренажерных устройств, обучение приведет к повышению эффективности учебно-тренировочных занятий, к сокращению сроков обучения, к повышению

АКАДЕМИИ НАУК СССР
ТОМ 11

точности и надежности ударов.

Целью исследования явилась разработка методики и обоснование использования технических средств, предназначенных для обучения ударным действиям и их совершенствования.

В работе были поставлены задачи исследования:

1. Определить управляемые параметры движения в фазе соударения; оценить роль суставной жесткости биомеханической системы в ударном действии.
2. Определить управляемые параметры движения в предударной фазе; оценить качество и точность управления ударным действием.
3. Определить характер воздействия технических средств обучения на управляемые параметры удара и установить эффективные режимы использования тренажерных устройств.
4. Установить эффективность методики использования технических средств и дать рекомендации по применению методики в тренировочном процессе.

Объект исследования. В биомеханических исследованиях приняли участие игроки женской сборной команды СССР по волейболу /10 чел./, сильнейшие бадминтонисты СССР /10 чел./, теннисисты ДСО "Динамо" от новичков до мастеров спорта /47 чел./, волейболисты ГДОСШ г. Ленинграда /20 чел./, а также испытуемые, не занимающиеся спортом /80 чел./. В педагогических экспериментах участвовали волейболисты ГДОСШ г. Ленинграда в количестве 20 человек.

Научная новизна. В результате исследования теоретически и экспериментально определены факторы, влияющие на решение точно-силовой задачи удара, не принимавшиеся ранее во внимание. Установлена роль суставной жесткости биомеханической цепи при соударении, раскрыта ее сущность и показаны пути управления ею.

Проанализированы точность и качество управления быстрыми движениями по времени и их динамика при использовании средств срочной информации. Определены управляемые параметры движения как в предударной фазе, так и при соударении и показано их изменение при использовании тренажерных устройств. Предложены новые критерии оценки движений и управления ими с биомеханических позиций. Разработаны методы регистрации характеристик движения при кратковременных соударениях. На основе проведенного анализа предложены новые тренажерные устройства со средствами срочной информации и методика их использования, ускоряющие и улучшающие процесс обучения и позволяющие совершенствовать технику и точность ударных действий.

Практическая значимость. На основе глубокого анализа ударных действий в спорте выявлены новые биомеханические закономерности этой группы движений, которые использованы в педагогическом процессе в курсе биомеханики ГДОИФК им. П. Ф. Лесгафта. Технические средства обучения и методика их использования, разработанные в результате исследования, применены в учебно-тренировочном процессе в группе ДЮСШ ЛенГОРОНО по волейболу /команда "ДУСС"/. Отдельные положения методики внедрены в процесс подготовки женской сборной команды СССР по волейболу. Результаты исследования позволяют рекомендовать методику использования технических средств не только в волейболе, но и в бадминтоне и теннисе на начальных этапах обучения, а также при совершенствовании техники ударных действий.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, библиографического указателя и приложений. Объем диссертации - 153 страницы машинописного текста. В работу

включены 34 таблицы и 20 рисунков. Библиографический указатель насчитывает 189 наименований, в том числе 18 на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Методы и организация исследования.

Поставленные задачи исследования решались с использованием следующих методов:

б и о м е х а н и ч е с к и е - ударная и обычная акселерография, гониография, хронография, электромиография, киносъемка /48 и 5000 кадров в секунду/, видеосъемка;

п е д а г о г и ч е с к и е - наблюдение, эксперимент;

м а т е м а т и ч е с к и е - моделирование, корреляционный анализ, статистические методы.

Задача, связанная с исследованием характеристик движения в малые интервалы времени соударения, предопределила необходимость разработки метода ударной акселерометрии, позволяющего регистрировать ускорения отдачи звеньев цепи до 2000 м/с^2 .

Для характеристики жесткости биомеханической цепи были введены критерии оценки суставной жесткости: критерий оценки /коэффициент/ статической жесткости /при малых угловых скоростях одного звена относительно другого/

$$K_{cm} = a_1 / a_2 ;$$

критерий оценки /коэффициент/ динамической жесткости /при значительных угловых скоростях звеньев/

$$K_{\omega} = \omega_1 / \omega_2 ;$$

где a_1 , a_2 - ускорения отдачи центров тяжести соседних звеньев ударной цепи при соударении; ω_1 - послеударная угловая ско-

рость, ω_2 - доударная угловая скорость звена бьщей цепи /в интервалах времени 0-10 мс после и до соударения/. Правомочность введения и суть критериев определены современными представлениями о распространении механической волны по N -звенной ударной системе /Е.В.Александров, Л.Б.Соколинский, 1969/. В общем случае суставная жесткость рассматривалась как физическое свойство, отражающее сопротивление сочлененных структур звеньев импульсной ударной нагрузке.

Расчет реальных значений суставной жесткости производился по углу отклонения звеньев относительно друг друга и по периоду послеударных колебаний звеньев /А.А.Яблонский, С.С.Норейко, 1975/. В исследованиях организации суставной жесткости определялись характер и рисунок записи электроактивности мышечных групп, обеспечивающих жесткость, и взаимосвязь электроактивности мышц с жесткостью.

В качестве основного модельного движения была выбрана верхняя прямая подача в волейболе, характеризующаяся как поступательным, так и вращательным движением звеньев руки, что позволило наиболее полно выявить закономерности построения ударного действия и управления им в целом. Регистрировалось и рассчитывалось 26 характеристик подачи, в том числе в фазе взаимодействия - 7, предударной - 16, послеударной - 3. Между характеристиками ударных действий определялись коэффициенты корреляции r .

При решении второй задачи оценивались точность и качество управления движением по времени дистальными /кисть, предплечье/, наиболее важными в рассматриваемых видах спорта, звеньями руки. Исследовалось управление изолированными и реальными движениями, причем первые выполнялись с различными скоростями сгибания ки-

сти, разгибания руки в локтевом суставе. Вычислялись: коэффициенты вариации времени $CV(t)$, частные γ и множественные R коэффициенты корреляции между значениями t в серии движений $/n = 23/$.

Выявленные на первом этапе педагогического эксперимента /октябрь 1975 - май 1976 г./ закономерности и управляемые параметры ударных действий послужили основой разработки тренажерных устройств и методики их использования, эффективность которых проверялась на втором этапе педагогического эксперимента /июнь - июль 1976 г./. Эксперимент проводился на базе ГДЮСШ г. Ленинграда в условиях спортивно-оздоровительного лагеря. Экспериментальную /10 человек/ и контрольную /10 человек/ группы составили волейболисты 12-13 лет. Группы были сформированы с обеспечением достаточной однородности физической и технической подготовленности. Занятия проводились 5 раз в неделю по микроциклу 3-1-2 с продолжительностью каждого занятия в 3 академических часа. За время педагогического эксперимента в обеих группах было проведено по 20 занятий. Посещаемость в группах составила 99,2%.

Методика обучения верхней прямой подаче в группах была различной. В контрольной группе упражнения выполнялись без использования тренажерных устройств, в экспериментальной - с их применением. В обеих группах до и после эксперимента характеристики подачи регистрировались с помощью биомеханических и обрабатывались с использованием математических методов.

Высокая эффективность предложенной методики использования тренажерных устройств в экспериментальной группе /июнь 1976 г./ и необходимость повышения уровня технической подготовленности команды к первенству г. Ленинграда 1976/1977 г. явились основой

проведения повторного цикла обучения с применением тренажерных устройств в контрольной группе /июль 1976 г./. Результаты повторного цикла обучения подтвердили данные, полученные в экспериментальной группе, и явились дополнительным свидетельством эффективности предложенной методики и тренажерных устройств при обучении ударным действиям и их совершенствованию.

Экспериментальное исследование управляемых параметров ударных действий.

С у с т а в н а я ж е с т к о с т ь , т о ч н о с т ь , н а д е ж н о с т ь у д а р а . Исследованием установлено, что эффективность управления движением, точность и надежность ударных действий определяются величиной и характером организации суставной жесткости биомеханической системы в момент соударения. Так при верхней прямой подаче в волейболе определяющим параметром, взаимосвязанным со скоростью и стабильностью скорости вылета мяча, является жесткость локтевого сустава $C_{\text{Л}}$. Расчеты величин $C_{\text{Л}}$ и сравнение их с экспериментальными значениями жесткости волейбольного мяча $C_{\text{М}} = 20$ кг/см свидетельствуют о том, что у мастеров спорта $C_{\text{Л}} = 123 - 169$ кг/см, то есть превышает $C_{\text{М}}$ в 6,1-8,4 раза, в то время как у новичков $C_{\text{Л}} = 24-56,5$ кг/см и превышает $C_{\text{М}}$ всего лишь в 1,2-2,8 раза. Жесткость лучезапястного сустава $C_{\text{Л}}$ составляет у мастеров спорта - 54-60 кг/см, у новичков - 5,8-10 кг/см.

Теоретический и экспериментальный анализ показал, что высокие значения $C_{\text{Л}}$ и $C_{\text{Л}}$ у мастеров спорта приводят к тому, что при соударении уменьшаются потери запасенной в предупредительной фазе кинетической энергии, т.е. значительная часть ее, не рассе-

иваясь, переходит в энергию вылета мяча. Данный факт обусловлен тем, что жесткость соударяющихся тел и величина потерь энергии взаимосвязаны обратно пропорциональной зависимостью /Е.В.Александров, Л.Б.Соколинский, 1969/. Следствием того же явления можно считать уменьшение у мастеров спорта /при тех же скоростях вылета мяча V_m / предупредных скоростей звеньев бьющей руки, что по нашим данным и данным других авторов /B. Philip, 1936; Е.П. Ильин, 1963 и др./ приводит к повышению точности управления ударным действием. Таким образом, высокие значения суставной жесткости рассматриваются нами как необходимое условие рациональной организации ударного действия при точностно-силовой установке. Однако, как показывают материалы исследования, величина коэффициента динамической жесткости K_ω , характеризующего реальные значения жесткости C_{ij} , зависит как от уровня развития физических качеств испытуемых /взаимосвязь со скоростно-силовыми характеристиками при метании теннисного мяча и бросках медицинского мяча $\gamma = 0.653-0.729$ /, так и от техники движения. Невысокий уровень физического развития новичков II-III лет и, как следствие, невысокие значения суставной жесткости бьющей цепи являются факторами, затрудняющими процесс овладения ударным действием. Техника же ударного движения определяется характером организации жесткости системы при соударении, т.е. умением управлять передачей энергии от ударника снаряду в фазе взаимодействия руки с мячом.

О р г а н и з а ц и я ж е с т к о с т и . При выполнении силовой подачи у мастеров спорта наблюдается постоянство K_ω /постоянство потерь энергии/ в широком диапазоне скоростей вылета мяча / $K_\omega = 0,8$ при $\Delta V_m = 8,2-15,1$ м/с /. У новичков явно

выражена отрицательная зависимость K_{ω} от $V_M / \gamma = -0.601 - 0.802/$, что характеризует уменьшение жесткости системы с увеличением V_M , т.е. увеличение неуправляемых потерь энергии при соударении. Последнее приводит к двум нежелательным с точки зрения совершенства управления движением и совершенства техники действия последствиям:

1. Уменьшается взаимосвязь предупредной угловой скорости предплечья ω_{np} и $V_M / \bar{\gamma} = 0.715$, у мастеров спорта $\gamma = 0.940 - 0.988/$.

2. Уменьшается количество взаимосвязанных характеристик действия /из 24-х параметров у новичков взаимосвязаны 2-4, у мастеров спорта 15-18/.

Если действия мастеров спорта можно расценивать как помехозащищенные, высоконасыщенные основной, собственной информацией /взаимосвязано большинство характеристик движения/, то ударные действия новичков не представляются целостными, помехонезащищены и управление ими происходит лишь по отдельным, важнейшим параметрам.

ЭМГ-анализ показал, что из двух мышц, обеспечивающих регуляцию угловой скорости предплечья - двуглавой и трехглавой мышц плеча, при силовых подачах активизируется лишь трехглавая мышца, причем у мастеров спорта ее активность наблюдается как в фазе соударения, так и спустя 20-30 мс после ее окончания. У новичков происходит угасание электроактивности трехглавой мышцы за 0-10 мс до соударения, что приводит к тому, что управление давящими силами руки в фазе взаимодействия у них отсутствует и угловая скорость предплечья после соударения ω_1 и, как следствие, коэффициент динамической жесткости K_{ω} резко уменьшаются.

С увеличением V_M /более 15 м/с/ у мастеров спорта также наблюдается некоторое уменьшение K_{ω} /до 0,7 при $V_M = 19$ м/с/, что приводит к более значительному, по сравнению с обычным, приросту предупредных скоростей звеньев руки, т.е. к увеличению ошибок в управлении движением. Однако здесь уменьшение K_{ω} обусловлено истощением ресурсов по организации необходимой жесткости. Повышение "барьера динамической жесткости", т.е. смещение точки перехода кривой $K_{\omega} = f(V_M)$ с прямолинейного на пологий участок в сторону увеличения по оси скоростей вылета мяча, в действиях мастеров спорта является условием повышения точности управления ударным действием при высоких V_M .

Организация статической жесткости систем исследовалась на примере соударений в теннисе. Было установлено, что до определенных значений мышечных усилий руки наблюдается пропорциональность изменения статической жесткости изменению средней величины биопотенциалов мышц-антагонистов, обеспечивающих жесткость. Диапазон изменения косвенного показателя суставной жесткости - коэффициента восстановления при отскоке мяча от струнной поверхности ракетки, составил 0,25-0,86 и скорость отскока мяча при различном напряжении мышечных групп менялась в пределах от 5 до 16 м/с, т.е. в 3,1 раза /скорость мяча до соударения $V_M = 20$ м/с/. Точность дифференцировки жесткости биомеханических систем, т.е. точность управления скоростью вылета мяча, определяется по результатам исследования точностью дозировок мышечных усилий. Совершенствование управления мышечными усилиями, таким образом, является необходимым условием совершенствования точности ударных действий.

В р е м е н н ы е х а р а к т е р и с т и к и . Анализ

характеристик ударных действий свидетельствует о консервативности пространственных и изменчивости временных характеристик движения. Управляемыми временными характеристиками ударных действий являются: при выполнении ряда условий, во всех ударных действиях - время соударения ударника со снарядом t_{yg} ; в верхней прямой подаче в волейболе - время движения плеча t_{nn} /от окончания фазы замаха до начала разгибания руки в локтевом суставе/.

Время соударения t_{yg} является параметром, характеризующим величину импульса силы, приложенного к мячу, т.е. теоретически определяет V_M . В литературе приводятся лишь абсолютные значения t_{yg} , динамика параметра не анализируется. Полученные нами экспериментальные данные свидетельствуют об отрицательной взаимосвязи между t_{yg} и V_M у мастеров спорта и об отсутствии взаимосвязи параметров, в силу нестабильности техники действия, у новичков. По записям акселерометрии и хронографии время соударения определяется временем приложения ударных \bar{t} и временем приложения одних лишь неударных $t_{неyg}$ сил. Под ударными понимаются силы, обусловленные механическим столкновением тел, под неударными - силы, возникающие при совместном перемещении ударника со снарядом. В зависимости от V_M , веса мяча P_M и двигательной задачи как t_{yg} , так и \bar{t} и $t_{неyg}$ меняются, причем изменения эти тем больше, чем больше P_M /при изменении P_M от 0,24 кг /волейбольный мяч/ до 1 кг /медицинбол/ t_{yg} при силовой подаче меняется от $10,3 \pm 0,4$ мс до $32,2 \pm 2,8$ мс, при планирующей - от $7,8 \pm 0,2$ мс до $10,2 \pm 0,4$ мс/. Данное обстоятельство позволило выделить t_{yg} в управляемый параметр при выполнении подач с различной двигательной установкой /при планирующей подаче $t_{yg} \rightarrow \rightarrow min$ /. Увеличение веса мяча приводит также к изменению соотно-

шения $t_{неуг}/t_{уг}$ /от 25,2% до 62,0% при силовой и от 8,1% до 13,8% при планирующей подаче при изменении P_m от 0,24 до 1 кГ/, что позволяет активно воздействовать на жесткостную организацию действия. При использовании утяжеленных мячей при обучении силовой подаче трехглавая мышца плеча активизируется на всем протяжении фазы соударения, т.е. осуществляется необходимое условие рационального движения - давящий характер действия руки при соударении. При обучении планирующей подаче с использованием срочной информации о $t_{уг}$ и утяжеленных мячей наблюдается рациональная перестройка в координации работы мышечных групп, направленная на уменьшение пути совместного перемещения руки с мячом, что является необходимым условием задания движения мячу без осевого вращения.

Различие в кинематике движения у мастеров спорта и новичков проявляется в различных величинах времени движения плеча $t_{пл}$ и различном соотношении $t_{пл}/t_{общ}$, где $t_{общ}$ - общее время предупредительной фазы ударного движения /от окончания фазы замаха до начала соударения/. У мастеров $t_{пл} = 250-320$ мс и $t_{пл}/t_{общ} = 0,78-0,83$, у новичков $t_{пл} = 110-125$ мс и $t_{пл}/t_{общ} = 0,66-0,68$. Высокие значения соотношения $t_{пл}/t_{общ}$ у мастеров спорта обусловлены большей, по сравнению с новичками, амплитудой движения. Значительный вклад кинетической энергии плеча в общую энергию системы, как и более высокие значения суставной жесткости, приводят к снижению предупредительной угловой скорости предплечья при тех же $V_m / \bar{\omega}_{пр} = 24,6$ рад/с, у новичков - 31,2 рад/с и, как следствие, к повышению точности управления движением дистальных звеньев руки. У новичков движение предплечья осуществляется на максимуме скоростных возможностей, что затрудняет

управление движением дистальных звеньев и затрудняет "вход" биомеханической системы в фазу соударения из-за большей скорости движения звеньев. Одной из задач обучения подаче в волейболе является увеличение времени движения плеча за счет увеличения амплитуды движения с перераспределением вклада энергий в систему между проксимальными и дистальными звеньями бьющей руки.

Т о ч н о с т ь , к а ч е с т в о д в и ж е н и я . Высокая взаимосвязь предударной угловой скорости предплечья и скорости вылета мяча при выполнении подачи у мастеров спорта позволила выдвинуть предположение, что точность и надежность ударных действий в значительной степени обусловлены точностью дифференциации времени и качеством движения основного энергетического звена бьющей руки /в верхней прямой подаче в волейболе - предплечье, в бадминтоне при ударах различного типа - кисть и т.д./. Под точностью движения понимается величина, обратная $CV(t_{np}, t_n)$, под качеством - уровень взаимосвязи движений в серии, определяемый множественным коэффициентом корреляции R . Анализ точности и качества изолированных и реальных движений по времени показал выраженную направленность изменения $CV(t)$ и R в зависимости от возраста, спортивной специализации, квалификации. Точность движения существенно /достоверно по F -критерию Фишера при $p < 0,01$ / повышается в возрасте от 8-9 до 12-13 лет, дальнейший /до 30 лет/ прирост точности уменьшается /при $\omega_{np} > 8$ рад/с $CV(t_{np})$ в 8-9 лет составляет 14,5%, в 12-13 лет - 10,2%, в 30 лет - 8,1%/. Сравнение данных испытуемых, занимающихся и не занимающихся спортом, показывает, что прирост точности у испытуемых от новичков 8-9 лет до I-II разрядников 15-16 лет несущественно отличается от вызванного развитием организма

прироста /5,1% у занимающихся спортом, 4,3% у не занимающихся/. Дальнейший рост спортивного мастерства сопровождается существенным улучшением регуляции движения, причем наибольшая точность наблюдается в движении тех.звеньев бьющей цепи, которые функционально более значимы в конкретном виде спорта /в волейболе - предплечье, в бадминтоне - кисть/. В 8-9 лет управление движением осуществляется на стохастическом, случайном уровне / R недоволен/, по мере повышения квалификации взаимосвязь движений в серии повышается, что говорит о повышении уровня регуляции. У мастеров спорта движение корректируется в первой последующей попытке, у новичков, в силу более слабого управления, коррекция осуществляется с распределением на 2-3 движения вперед.

Значительные $CV(t)$ у новичков и у I-II разрядников свидетельствуют о неэффективности используемых средств и методов учебно-тренировочных занятий с точки зрения повышения точности движения. Полученные данные о существенном повышении точности движения к 12-13 годам, обусловленные созреванием двигательного анализатора и соответствующих структур мозга к этому возрасту /Л.А.Кукуев, 1958; В.С.Фарфель, 1960/, позволяют говорить о возможности начала активного совершенствования регуляции движения с 12-13 лет, как предпосылки более быстрого овладения ударным действием и повышения его точности.

Исследование эффективности экспериментальной
методики обучения и воздействия тренажерных
устройств на управляемые параметры.

Определение факторов, влияющих на эффективность удара, и управляемых параметров движения в различных фазах ударного дей-

ствия, в частности верхней прямой подачи в волейболе, позволило сформулировать педагогические и биомеханические задачи обучения подаче, установить последовательность их решения, разработать и предложить необходимые для обучения технические и вспомогательные средства. На I-м этапе педагогического эксперимента /биомеханический анализ/ были установлены также основные методические условия использования тренажерных устройств.

В качестве метода совершенствования жесткостной организации системы при соударении, направленного на повышение и стабилизацию K_{ω} в широком диапазоне V_M , использовался метод увеличенных ударных нагрузок. Метод близок к ударному методу развития взрывной силы, применяемому в специальной силовой подготовке /Ю.В.Верхошанский, 1968; В.Г.Семенов, 1971 и др./, однако в отличие от него направлен не на стимуляцию мышц ударным растягиванием, предшествующем активному усилию, а на стимуляцию мышц в самой фазе соударения. В связи с сильным воздействием метода выбор максимальных значений P_M и режим работы определены уровнем развития физических качеств обучающихся. Экспериментально установлено, что для занимающихся в возрасте 12-13 лет предельным является $P_M = 1$ кг. При большем весе мяча происходит существенная суставная деформация системы, приводящая к нежелательной динамической структуре удара с возникновением активности двуглавой мышцы плеча. По тем же соображениям ударные действия по утяжеленным мячам выполняются с допредельными скоростями движения руки. В связи с изменением траектории реальных подач утяжеленными мячами и возможным изменением пространственных дифференцировок удара, упражнение выполняется в стандартных условиях /подвесные мячи/. Для выработки более тонких мышечных и, соответст-

венно, жесткостных дифференцировок вес мячей при обучении варьировался от 0,24 до 1 кг. Результаты эксперимента показывают, что уже к 10-му занятию в экспериментальной группе наблюдается достоверное увеличение K_{ω} /с 0,24±0,05 до 0,43±0,02, $p < 0,01$ /. Увеличение суставной жесткости привело к снижению средних значений предупредной угловой скорости предплечья на 10,9% /3,4рад/с/, что является условием повышения точности управления движением. Послеударная угловая скорость предплечья увеличилась на 25,8%, т.е. движение при соударении в силовой подаче приобрело давящий характер. В контрольной группе данных изменений не наблюдается.

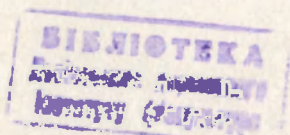
Для совершенствования кинематической структуры подачи использовалось тренажерное устройство-ограничитель, с помощью которого регулировалась амплитуда движения локтевого сустава бьющей руки. В конце цикла обучения в экспериментальной группе получено достоверное увеличение времени движения плеча /с 120±10 до 178±12 мс, $p < 0,01$ / и отклонения туловища от вертикали /с 21±2,1° до 35,7±3,8°, $p < 0,05$ / в фазе замаха. В контрольной группе достоверных изменений не наблюдается.

Обучение подачам с различной двигательной установкой осуществлялось с использованием срочной информации о времени соударения. Применение средств информации позволило уменьшить $t_{\text{ин}}$ в планирующей подаче при использовании медицинбола 1 кг с 34±11 до 11±1 мс / $p < 0,01$ /. Количество правильно выполненных из 10 попыток подач на площадке после выполнения упражнения на тренажере увеличилось к концу обучения с 2,3±1,0 до 6,4±0,7 / $p < 0,01$ /. В контрольной группе хотя и произошло некоторое увеличение количества правильно выполненных подач /с 2,1±0,8 до 3,4±0,6/, однако изменение не достигает достоверного уровня различимости.

9167

Совершенствование точности подач осуществлялось с использованием тренажера по дифференциации скорости вылета мяча и комплексного тренажера. Последний является разновидностью "мишенных тренажеров" и предназначен для уменьшения разброса азимутального и угломестного углов вылета мяча. Установлено, что информация о V_M дает срочный эффект, выражающийся в том, что уже к 3-му занятию происходит "привязка" средних значений скорости мяча к установленным экспериментатором значениям скорости - II, I2, I3 м/с. Однако среднеквадратичная ошибка в задании скорости мячу при шаге между значениями скорости в I м/с, реально существующем при выполнении подач в различные зоны площадки, как показал эксперимент, не только не уменьшается, но и увеличивается. Отрицательный эффект использования срочной информации о V_M , вызванный неумением новичков дозировать силу удара при малых ΔV_M , привел к необходимости использования смешанного режима заданий скорости с увеличением шага между V_M до 2 м/с.

Эксперимент показал, что прирост "скоростной" /скорости вылета мяча/ и пространственной /азимутального и угломестного углов вылета мяча/ точности при использовании тренажерных устройств различен и зависит от V_M . При малых V_M /II м/с/ наблюдается максимальный прирост как "скоростной" /55,4%/ , так и пространственной /35,6%/ точности. С увеличением V_M прирост как одной, так и другой точности уменьшается. На всех исследуемых скоростях вылета мяча наиболее существенен прирост "скоростной" точности /достоверный при $V_M = II$ м/с, $p < 0,05$ /, что свидетельствует о консервативности пространственных характеристик движения и о большей эффективности средств, направленных на изменение временных и жесткостных характеристик / V_M корреляци-



онно взаимосвязана с $t_{np} \cdot K_{\omega}$. В контрольной группе прирост "скоростной" и пространственной точности существенно меньше.

Использование срочной информации о V_M приводит также к повышению точности управления движением по времени. При максимально-высоких скоростях движения руки $CV(t_{np})$ в экспериментальной группе уменьшился с 8,6% до 5,3%.

Поиск эффективных режимов использования тренажерных устройств показал, что точность ударов зависит от длительности интервала между попытками. Наиболее эффективным с точки зрения получения максимальной точности оказался интервал 5-10 с.

Результаты педагогического эксперимента.

Педагогический эксперимент подтвердил гипотезу, согласно которой целенаправленное использование предложенных методов и средств обучения приводит к существенному улучшению техники ударных действий. Корреляционный анализ показал, что к концу цикла обучения в экспериментальной группе наблюдается увеличение количества взаимосвязанных параметров движения /6-13 против 3-8 до обучения/, взаимосвязь между предупредной угловой скоростью предплечья и V_M увеличивается /0.897 против 0.721/, а между коэффициентом динамической жесткости и V_M снижается до недопустимой /-0.412 против -0.661/. Соотношение основной и дополнительной информации по мере освоения двигательного навыка с использованием тренажерных устройств, как показывают данные, меняется в сторону увеличения основной двигательной информации.

Педагогические наблюдения за играми команды "ЛУСС" во II круге первенства г. Ленинграда 1975/76 г. /до эксперимента/ и в I круге первенства 1976/77 г. /после эксперимента/ показали, что эффективность и надежность выполнения подач за короткий срок

обучения с использованием технических средств существенно возросли. Количество эффективных, не принятых противником подач увеличилось с 12,3 до 25,2%, количество потерянных подач /аут, сетка/ снизилось с 32,6 до 11,0%, коэффициент надежности выполнения подачи увеличился с 6,7 до 8,9. Высокий уровень технической подготовленности команды и, в частности, значительно повысившийся уровень техники и точности выполнения подач обеспечил команде /при выступлении с игроками более старшей возрастной группы/ I-ое место в первенстве г.Ленинграда 1976/77 г.

ВЫВОДЫ

1. Экспериментальным исследованием установлено, что скорость вылета мяча при ударе, точность и надежность ударных действий определяются рядом факторов, среди которых наиболее важным и малоизученным является суставная жесткость системы в момент соударения. Под суставной жесткостью биомеханической системы при ударах подразумевается свойство сочлененных структур звеньев сопротивляться импульсной ударной нагрузке. Организация жесткости, по материалам исследования, зависит от степени напряжения мышц, окружающих сустав. Между величиной суммарной электрической активности мышц и суставной жесткостью отмечена положительная корреляционная взаимосвязь.

2. Установлено, что необходимыми условиями совершенного ударного действия и управления им на примере верхней прямой подачи в волейболе являются высокие значения жесткостей лучезапястного /более 54 кг/см/ и локтевого /более 123 кг/см/ суставов при постоянстве последней в широком диапазоне скоростей вылета мяча. Невысокие показатели жесткости суставов у новичков /менее 10 кг/см, менее 56,6 кг/см/ приводят к увеличению неуправляемых

потерь энергии, запасенной в предударной фазе, и, как следствие, - к уменьшению взаимосвязи кинематических характеристик движения и скорости вылета мяча. Значительные потери энергии при соударении у новичков приводят к увеличению /при тех же скоростях вылета мяча/ предударных скоростей звеньев бьющей цепи, что также является причиной увеличения ошибок ударных действий.

3. Точность и надежность ударных действий зависят от точности и качества управления быстрыми движениями по времени. Точность и качество управления движением определены спортивной специализацией, квалификацией, возрастом испытуемых. Несущественное отличие в приросте точности у испытуемых от новичков до I-II разрядников /от 12 до 16 лет/ и у испытуемых того же возраста, но не занимающихся спортом, свидетельствует о неэффективности традиционных средств и методов обучения с точки зрения улучшения регуляции движения. Значительное повышение точности дифференциации времени движения к 12-13 годам позволяет говорить о возможности начала активного совершенствования управления движениями с данного возраста.

4. Управляемыми параметрами ударных действий являются время соударения ударника со снарядом и время движения различных звеньев бьющей цепи в предударной фазе. Время соударения зависит от скорости вылета мяча и типа удара, причем изменение параметра тем больше, чем больше масса мяча, по которому производится удар. При начальном обучении целесообразным является использование времени соударения в качестве критерия выполнения ударов с различной двигательной задачей /в волейболе - силовая, планирующая подача/. Управляемым параметром волейбольной подачи в предударной фазе является время движения плеча. Увеличение параметра

за счет большего отведения плеча и отклонения туловища от вертикали в фазе замаха приводит к увеличению вклада кинетической энергии плеча в энергию системы, к уменьшению угловой скорости предплечья и прироста ее по мере приближения к фазе соударения и, как следствие, - к улучшению управления ударным действием.

5. Использование утяжеленных мячей позволяет варьировать время соударения, соотношение ударных и неударных сил, величину воздействующей на систему ударной нагрузки, что приводит к повышению и стабилизации суставной жесткости, к более тонким жесткостным дифференцировкам действия. Выбор веса мячей и режим работы с ними определяются уровнем физического развития обучающихся. В 12-13 лет при выполнении верхней прямой подачи в волейболе целесообразно использование мячей весом до 1 кг в среднем диапазоне скоростей движения руки в стандартных условиях /подвесные мячи/.

6. Использование тренажерных устройств и средств срочной информации приводит к перераспределению вклада энергий между звеньями бьющей цепи, к стабилизации двигательного навыка с различной установкой, к совершенствованию регуляции быстрыми движениями, к повышению "скоростной" и пространственной точности удара. Большой прирост "скоростной" точности по сравнению с приростом пространственной точности свидетельствует об эффективности средств, направленных на совершенствование жесткостных и временных характеристик движения, и о необходимости увеличения объема нагрузок, направленных на совершенствование пространственных характеристик движения.

7. Педагогический эксперимент показал, что комплексное целенаправленное использование технических средств приводит к совершенствованию техники ударных действий, повышает их точность и

надежность, сокращает сроки обучения. В результате проведения 20 занятий с использованием технических средств с новичками количество эффективных, не принятых противником подач, увеличилось в игровых условиях в волейболе с 12,3% до 25,2%, количество потерянных подач /аут, сетка/ снизилось с 32,6% до 11,0%, коэффициент надежности выполнения подачи увеличился с 6,7 до 8,9. Полученные данные свидетельствуют о существенном улучшении характеристик подачи, невозможном при использовании традиционных методов и средств обучения ударным действиям.

8. Результаты эксперимента позволяют рекомендовать предложенную методику использования технических средств как при работе над отдельными элементами движения, так и при совершенствовании игровых действий в целом на различных этапах обучения в волейболе, бадминтоне, теннисе.

Работы, опубликованные по теме диссертации :

1. Совершенствование метода акселерометрии применительно к исследованию ударных взаимодействий. В сб. "Методы и средства тренировки квалифицированных спортсменов" /Материалы конференции молодых ученых/, Л., 1975, с.133-134.

2. Комплексная методика регистрации управляемых параметров ударных действий. В сб. "Проблемы биомеханики спорта" /Тезисы докладов II Всесоюзной конференции/, Киев, 1976, с.40 /в соавторстве с Ивановой Г.П./.

3. Экспериментальное исследование ударных действий у юных волейболистов. В сб. "Актуальные проблемы спортивной тренировки", Л., 1976, с.12-13.

4. Исследование упруго-жестких свойств ударной системы.

В сб. "Совершенствование научных основ физического воспитания и спорта", Л., 1977, с.86-87.

5. Биомеханика спортивных ударов. В сб. "Совершенствование научных основ физического воспитания и спорта", Л., 1977, с.55-56 /в соавторстве с Ивановой Г.П. и др./.

6. Методы оптимизации характеристик ударного действия в фазе взаимодействия. В сб. "Научные основы разработки и совершенствования технических средств обучения и спортивной тренировки", Л., 1977, с.130-131.

7. Перестройка структуры движения и изменение точностных характеристик подачи в волейболе на основе применения тренажерных устройств. В сб. "Совершенствование методов и средств физического воспитания и спортивной тренировки" Л., 1977, с.94-95.

8. Управление точностным ударом в спортивных играх. "Сборник трудов Всесоюзного симпозиума по биомеханическим проблемам управления спортивными движениями человека", Тбилиси, 1978, с.72-74 /в соавторстве с Ивановой Г.П./.

9. Экспериментальное исследование программы управления целенаправленным ударным движением. В сб. "Физиологические основы управления движениями при спортивной деятельности", М., 1978, с.22-23 /в соавторстве с Ивановой Г.П./.

10. Точность и качество управления быстрым движением, как факторы управления ударным действием у высококвалифицированных спортсменов. В сб. "Научные основы разработки и совершенствования технических средств, применяемых в спортивной тренировке", Л., 1978, с.79-81.

11. Экспериментальное исследование фазы взаимодействия в ударных действиях. В сб. "Биомеханические аспекты управления

движениями в спорте", Л., 1978, с.18-26 /в соавторстве с Ивановой Г.П./.

12. Методические условия использования средств срочной информации при совершенствовании точности ударных действий. В сб. "Совершенствование научных основ физического воспитания и спорта по материалам медико-биологических, социально-психологических исследований", Л., 1978, с.124-125.

Удостоверения на рационализаторские предложения

выданы на работы :

1. Высокочастотный акселерометр для изучения ударных взаимодействий - № 062 от 21 июня 1976 г.

2. Тренажер по дифференциации скорости вылета мяча - № 061 от 21 июня 1976 г.

Материалы диссертации доложены :

1. На итоговых научных конференциях профессорско-преподавательского состава ГДОИФК им.П.Ф.Лесгафта в 1976, 1977 гг.

2. На научных конференциях молодых ученых ГДОИФК им.П.Ф.Лесгафта в 1975, 1976, 1977 гг.

3. На II Всесоюзной конференции по биомеханике спорта в 1976 г., г.Киев.

4. На II Всесоюзной конференции по физиологическим основам управления движениями при спортивной деятельности в 1977 г., г.Москва.

5. На Всесоюзном симпозиуме по биомеханическим проблемам управления спортивными движениями человека в 1977 г., г.Тбилиси.

