

4517.117

Ш-184

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
ОРДЕНА ЛЕНИНА ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ**

На правах рукописи

ШАЛМАНОВ Александр Александрович

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ОПОРОЙ В ПРЫЖКАХ
КАК ПРЕДМЕТ ОБУЧЕНИЯ**

13.00.04 — Теория и методика физического воспитания
и спортивной тренировки

Автореферат

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата педагогических наук**

Москва — 1989

4517.117

Ш-184

Работа выполнена в Государственном Центральном ордена
Ленина институте физической культуры.

Научный руководитель — доктор педагогических наук,
профессор ЗАЦИОРСКИЙ В. М.

Официальные оппоненты: доктор педагогических наук,
профессор ЗАПОРОЖАНОВ В. А.,
кандидат педагогических наук
ТЕР-ОВАНЕСЯН И. А.


Ведущее учреждение — ГДОИФК им. П. Ф. Лесгафта.

Защита диссертации состоится « 21 » 02 1989 г.
в 12 30 час на заседании специализированного совета К 046.01.01
Государственного Центрального ордена Ленина института физи-
ческой культуры (Москва, Сиреневый бульвар, 4).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан « 10 » 01 1989 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат педагогических наук,
доцент


Ю. Н. ПРИМАКОВ
БИБЛИОТЕКА
Львовского гос.
института физической культуры

4/9922

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Научно обоснованное построение тренировочного процесса, так же как подготовка преподавателей и тренеров по видам спорта, требует ответа на один из главных вопросов педагогики - чему учить? Исходя из этого, прежде чем выбирать или разрабатывать ту или иную методику обучения спортивным движениям, необходимо определить содержание самого предмета обучения.

Одними из наиболее широко используемых в спорте являются локомоторные движения, в основе которых лежит взаимодействие спортсмена с опорой. Существенный интерес среди них представляют прыжковые упражнения, по каждому из которых в отдельности к настоящему времени накоплен обширный теоретический и экспериментальный материал.

Анализ литературных данных показал наличие многих спорных вопросов, касающихся взаимодействия спортсменов с опорой. Стержневой идеей данной работы является введение понятия о кинематических механизмах движения (в частном случае - взаимодействия с опорой).

В качестве рабочей гипотезы выдвигается мысль о том, что изучение основных кинематических механизмов (ОКМ) взаимодействия с опорой позволит глубже раскрыть содержание предмета обучения.

Цель работы - на основе имеющихся экспериментальных данных и собственных исследований и с учетом введенных представлений о кинематических механизмах движения вскрыть общие закономерности проявления ОКМ взаимодействия с опорой в различных прыжковых упражнениях.

В работе были поставлены следующие задачи:

I. Разработать комплексную методику для анализа взаимодействия с опорой в прыжковых упражнениях.

2. Провести анализ кинематических и динамических характеристик взаимодействия с опорой в прыжковых упражнениях с разными начальными условиями их выполнения.

3. Выявить основные кинематические механизмы взаимодействия с опорой в прыжках, определить их вклад и установить закономерности проявления и взаимодействия на динамическом уровне.

4. Разработать основные педагогические требования к технике отталкивания как предмету обучения.

Научная новизна работы заключается прежде всего в подходе к изучению закономерностей взаимодействия с опорой. Суть его сводится к сравнительному анализу наиболее простых видов прыжков с более сложным. Кроме того, выявлена роль ОКМ в прыжках, отличающихся различными начальными условиями их выполнения. Установлены основные педагогические требования, определяющие эффективность проявления ОКМ, присущих всем видам прыжковых упражнений или их отдельным группам.

Практическая значимость работы определяется тем, что знание об ОКМ взаимодействия с опорой, факторах и педагогических требованиях, определяющих эффективность их реализации, лежит в основе правильного понимания техники отталкивания и методики обучения прыжкам, а также позволит более целенаправленно подходить к подбору упражнений и разработке тренажеров для учебно-тренировочного процесса.

Использование этих знаний в учебном процессе позволит повысить качество подготовки будущих специалистов по физической культуре и спорту.

Полученные результаты внедрены в практику подготовки сборной команды страны по прыжкам и в учебный процесс ИФК.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена

на 334 страницах машинописного текста, содержит на 134 страницах 40 таблиц (в их числе 6 приложений) и 77 рисунков (в их числе 22 приложения). Состоит из введения, четырех глав, списка литературы (311 источников на 36 страницах), 28 приложений и акты о внедрении.

Методы исследований.

Во второй главе диссертации описана комплексная методика, включающая оптические (стереофотограмметрия) и механо-электрические методы (динамографические платформы, лазерные установки, высокочастотные стробоскопы). Дана схема экспериментальных исследований и подробно изложены методы обработки результатов измерения.

Регистрировались и рассчитывались следующие основные характеристики движений спортсменов: линейные и угловые перемещения, скорости и ускорения отдельных звеньев тела и их центров масс (ЦМ); кинематика общего ЦМ тела (ОЦМТ); три составляющие и центр давления главного вектора сил реакции опоры; инерционные и центробежные силы; суставные силы и управляющие моменты сил и т.д. Данные метрологического эксперимента, проведенного с целью оценки качества определения кинематики ОЦМ тела по опорным реакциям, показали высокую степень взаимосвязи между высотой прыжка (h), измеренной при помощи стереосъемки и h , рассчитанной методом двойного интегрирования вертикальной составляющей силы реакции опоры ($\gamma = 0,942$ для прыжков вверх и $\gamma = 0,985$ - при спрыгивании с заданной высотой на опору).

Организация экспериментальных исследований. Анализ взаимодействия с опорой в прыжках осуществляется по трем направлениям исследования, характеризующимся различными начальными условиями выполнения упражнений: наличием или отсутствием горизонтальной

или вертикальной скорости ОЦМ тела (рис. 1). В экспериментах приняли участие ~~30~~ испытуемых, основу которых составили 10 футболистов ($\bar{X}_D = 1,75 \pm 0,04$ м; $\bar{X}_B = 72,6 \pm 3,6$ кг) I и II разрядов; 10 гимнастов ($\bar{X} = 1,68 \pm 0,08$ м; $\bar{X}_B = 65,1 \pm 6,6$ кг) МС и КМС; 18 легкоатлетов ($\bar{X}_D = 1,77 \pm 0,08$ м; $\bar{X}_B = 71,2 \pm 12,4$ кг) от МС до III разряда, специализирующихся в прыжках в длину, десятиборье и спринте; 40 толкателей ядра ($\bar{X}_B = 104,4 \pm 9,5$ кг) от МСМК до III разряда и три прыгуна в тройном прыжке (МС, I и II разряд) и др. Сработано 1176 тензограмм, 392 гониограммы, 640 записей ЭМГ четырех мышц нижних конечностей, 2412 траекторий на снимках стереопар и киноплёнке (включая и 9 прыжков в длину 6 сильнейших спортсменов с результатом от 7,25 м до 8,54 м) с помощью полуавтоматического стекометра (от 40 до 150 точек в траектории).

Результаты исследований

Механизмы взаимодействия с опорой в прыжках

В работе введено понятие о кинематических механизмах. Под кинематическим механизмом предлагается понимать такую совокупность движений частей тела, которая может осуществляться независимо от движения других его частей и которая приводит к изменению положения и скорости общего центра масс тела. Образно это можно себе представить как ситуацию "замораживания" движения в определенных суставах. Данный подход взят за основу при определении содержания предмета обучения в прыжках.

Изучение литературных данных, а также анализ собственного экспериментального материала показали, что на движение ОЦМ тела спортсмена при его взаимодействии с опорой в прыжках с различными начальными условиями их выполнения оказывают влияние следующие основные кинематические механизмы:

- I) разгибание ног и выпрямление туловища;

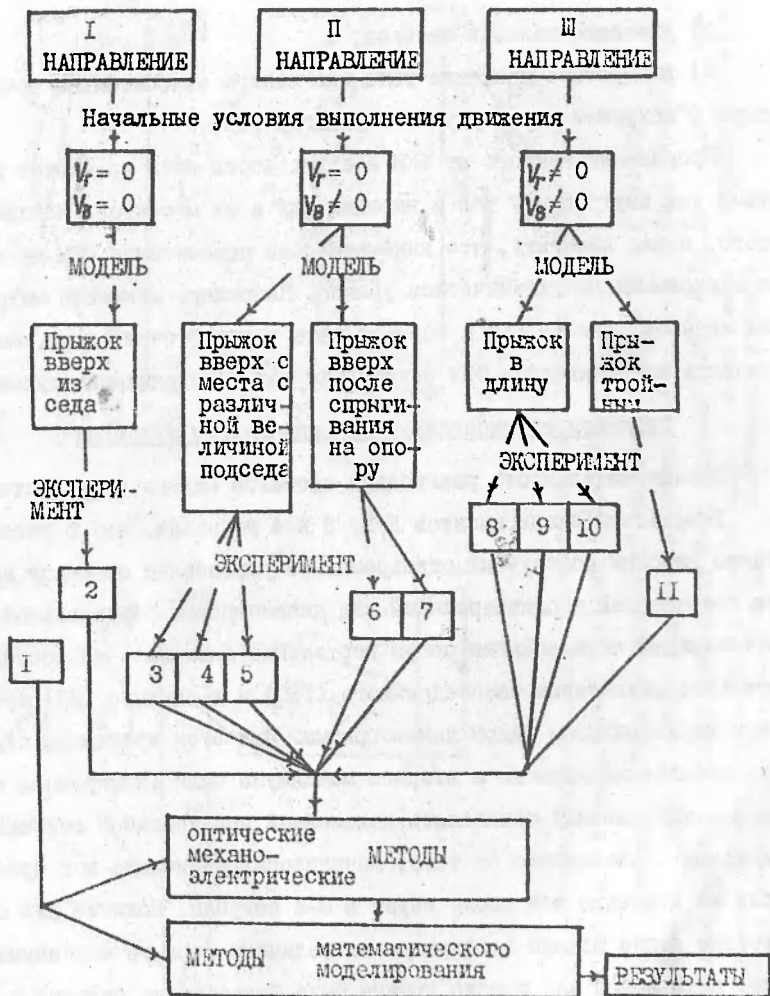


Рис. 1 Схема организации экспериментальных исследований

Обозначения: V_r - горизонтальная и V_b - вертикальная составляющие вектора скорости ОЦМ тела перед началом выполнения отталкивания

- 2) движение маховых звеньев;
- 3) поворотное движение тела как целого относительно точки опоры ("механизм перевернутого маятника").

Проявление каждого из ОКМ в отдельности есть результат действия как внутренних, так и внешних сил и их моментов. Исходя из этого, можно полагать, что кинематически независимые ОКМ являются зависимыми на динамическом уровне. Например, движение маховых звеньев, так же как и поворот тела вокруг точки опоры, могут повлиять на проявление ОКМ разгибания ног и выпрямления туловища.

Механизм разгибания ног и выпрямления туловища

Последовательность разгибания суставов нижних конечностей.

Результаты экспериментов № 2, 3 и 4 показали, что с увеличением глубины подседания одновременное разгибание суставов нижних конечностей и одновершинный вид динамограммы вертикальной составляющей силы реакции опоры постепенно сменялись на последовательное разгибание тазобедренного (ТБС) и коленного (КО) суставов с двухвершинным видом динамограммы. При этом временная структура проявления первого и второго максимума силы (измеренная от конца отталкивания) оставалась неизменной при заданной глубине подседания, независимо от того, начиналось разгибание ног сразу после их сгибания или после паузы в 3-4 секунды. Наличие или отсутствие паузы влияло в основном на величину первого максимума силы, в то время как высота прыжка была более тесно связана с величиной второго максимума силы реакции опоры.

Последовательность разгибания суставов (ТБС и КО) определяется: а) соотношением максимумов моментов сил (M_C) мышц-разгибателей этих суставов и, как следствие, б) исходной позой тела в момент начала разгибания ног и туловища (рис. 2). Уменьшение силы в конце отталкивания (F_2) с увеличением глубины подседания

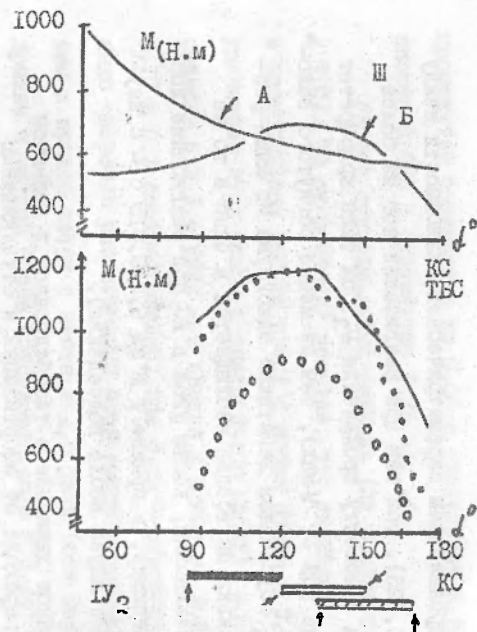
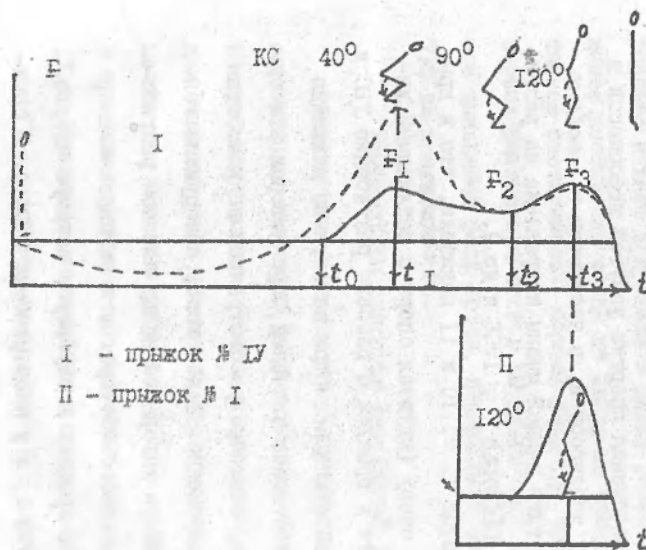


Рис. 2. Динамические особенности проявления основного кинематического механизма - разгибание ног и выпрямление туловища в прыжках

Обозначения: А и Б - зависимости "момент силы угол" соответственно в ТБ и К суставах (Н.Славк *et. al.*, 1950); Ш - тоже для КС в изометрическом (—), плиометрическом (...) и миометрическом (ooo o) режимах сокращения мышц разгибателей (А. Smith, 1975), вынужденное сгибание КС при амортизации в прыжке вверх с места (---), в глубину (—) и с разбега (---). (I, II и IV₂ - собственные данные)

(St) объясняется проявлением параметрической зависимости между показателями ($n = 0,823$), так как при разгибании ног из более согнутого положения к моменту проявления F_3 ОЦМ тела приобретет большую скорость (до 50% от V_{max}), чем из менее согнутого положения. Экстремум F_3 обусловлен действием максимума M_c мышц-разгибателей КС, поскольку он всегда наблюдается в одно и то же время от конца отталкивания, когда угол в КС при разгибании достигает $120-130^\circ$ (например, в прыжке № 3 за $0,9 \pm 0,015$ с — с паузой и $0,92 \pm 0,05$ с без паузы после подседания).

Разнонаправленное движение в тазобедренном и коленном суставах при переходе от амортизации к отталкиванию

Обнаруженный факт указывает на одну из особенностей проявления механизма разгибания ног и выпрямления туловища, связанную с созданием условий для накопления энергии упругой деформации в двусуставных мышцах нижних конечностей, в частности в *rectus femoris*. При этом сила тяги данной мышцы направлена на разгибание коленного сустава (Heltman, 1966 и др.).

Результаты экспериментов 7, 9, 10 и 11 показали, что в прыжках после спрыгивания на опору (включая опоры с различными упругими свойствами), а также в прыжках с разбега разгибание ТБС и КС осуществляется последовательно несмотря на то, что величина сгибания ног (ноги) в КС достигает значений, при которых эти суставы могли бы разгибаться, согласно рассмотренным зависимостям "момент силы — угол", одновременно. Более того, обнаружена тенденция к увеличению временного интервала между началом разгибания ТБС и КС с ростом спортивного мастерства и не связанная с глубиной подседания. Так, в прыжках в глубину у мастера спорта его величина достигает $0,078$ с, а у спортсмена $0,04$ с. В прыжках в длину у спортсменов международного класса этот временной

промежуток составляет до 0,06 с (результат 8,25 м), а у мастера спорта 0,025 с (результат 7,25 м).

Расчет относительных величин (на основе зависимости \angle ТБС/ \angle КС от времени) показал, что удлинение *rectus femoris* в произвольном прыжке вверх с места почти в 2,5 раза превышает удлинение этой мышцы в аналогичном прыжке, но с паузой после подседания и в 1,4 раза – в прыжке в длину на 8,25 м (\angle о.е.=0,43, 0,17 и 0,3 соответственно, где о.е. – относительные единицы). Однако скорость растягивания этой мышцы в прыжке в длину больше, чем в прыжке вверх с места в 1,5 раза (без паузы) и в 2,9 раза в прыжке с паузой после подседания (5,0 о.е./с; 3,2 о.е./с и 1,7 о.е./с соответственно).

Кроме того, установлено, что только у спортсменов международного класса в прыжках в длину разгибание ТБС начинается с момента постановки стопы на опору и, следовательно, происходит активное растягивание *rectus femoris* при сгибании ноги в КС. В период разгибания ноги в КС длина этой мышцы не изменяется, т.е. она выполняет роль троса, передающего усилие мышц-разгибателей ТБС на разгибание КС.

Оптимальное сгибание ног (ноги) в коленном суставе

Максимальный результат в прыжках достигается при некоторых оптимальных значениях угла сгибания ноги (ног) в коленном суставе при амортизации. Этот оптимум носит индивидуальный характер для каждого вида прыжков в отдельности. Так, в прыжках вверх с места его величина близка к 85° , в прыжках в глубину к 120° , а в прыжках с разбега при отталкивании одной ногой к 135° (рис. 2-IV₂). Сравнение этих прыжков между собой выявило общие тенденции:

1) с увеличением скорости ОЦМ тела в начале взаимодействия с опорой оптимум угла в КС смещается в сторону его больших зна-

чений;

2) амплитуда вынужденного сгибания ноги (ног) колеблется в пределах $25-35^{\circ}$, независимо от вида прыжка и начальных условий. Последнее вероятно частично связано с ограничениями в изменении длины последовательной упругой компоненты мышц, т.е. имеется (или задан биологически) диапазон изменения длины последовательной упругой компоненты (ПОУК), в котором при механическом воздействии на нее может накапливаться энергия упругой деформации.

В прыжках вверх с места выявлена не только оптимальная глубина ($S_1 = 0,25 \pm 0,031$ м), но и скорость ($V_1 = 1,3 \pm 0,18$ м/с) подседания. Учитывая, что рекуперация энергии упругой деформации (Е у.д.), накопленной в ПОУК при угловом перемещении в КС $\approx 35^{\circ}$ (от 120° к 85°), осуществляется в том же диапазоне, но в обратной последовательности, дальнейшее разгибание ноги (от 120° до 170°) будет осуществляться за счет последовательной сократительной компоненты. Таким образом, повышение эффективности взаимодействия с опорой в этом виде упражнения должно осуществляться подбором упражнений и тренажерных средств, избирательно воздействующих на ПОУК и собственно сократительные компоненты мышц.

Анализ управляющих моментов сил в суставах нижних конечностей показал, что при постановке ноги на опору в прыжках с разбега основная нагрузка (ударная) приходится на мышцы задней поверхности бедра, которые в указанном диапазоне работают как синергисты мышц передней поверхности бедра - разгибают коленный сустав, удерживая туловище от броска вперед-вниз. В этот момент времени мышцы-разгибатели КС не могут создать максимального момента силы, который проявляется лишь в конце амортизации (F_3). В этих видах прыжков отталкивание от опоры осуществляется а) сгибанием-разгибанием ноги в КС при использовании накопленной энергии

упругой деформации в мышцах передней поверхности бедра и б) поворотным движением ноги относительно ТЭС "загребакции" движением, что обеспечивается мышцами задней поверхности бедра.

Движение маховых звеньев

Увеличение вертикальной скорости вылета ОЦМ тела и его перемещения за время взаимодействия с опорой достигается при выполнении маховых движений:

1) созданием дополнительной нагрузки³ на мышцы-разгибатели нижних конечностей в конце амортизации, а также увеличением силы реакции опоры за счет ускоренного движения маховых звеньев (возникновение сил инерции, передаваемых на опору через кинематические цепи);

2) увеличением скорости маховых звеньев до момента начала разгибания ног (ноги) в коленных суставах;

3) правильным положением маховых звеньев в конце отталкивания от опоры.

В качестве внешней механической нагрузки, обеспечивающей дополнительное растягивание этих мышц в конце амортизации, следует рассматривать вертикальную составляющую инерционных сил ($F_{ин}$), приложенных в ЦМ маховых звеньев и центробежную силу инерции ($F_{цб}$), направленную вдоль кинематической цепи. Величина первых будет определяться как вращательным движением маховых звеньев, так и ускоренным движением вверх точки подвеса этих звеньев; для рук - подъемом плечевого пояса и выпрямлением туловища, а для маховой ноги - подъемом таза (разгибанием толчковой ноги и (или) поворотом тела относительно точки опоры по механизму перевернутого маятника). Величина вторых - только вращательным движением маховых звеньев, например, вокруг оси плечевого сустава.

По разнице между величиной $F_{ин}$ и $F_{ц0}$ можно оценить вклад ускоренного движения точки подвеса маховых звеньев вверх.

Наибольшая величина этой разницы наблюдается в прыжках вверх после спрыгивания на платформу — до 355,55 Н (46,4% от $F_{ин}$ в ЦМ рук) и от мостика — до 319,54% от $F_{макс}$ в ЦМ рук). На трамплине и в прыжках вверх с места их величина не превышала 26,3% от максимальной $F_{ин}$ в ЦМ рук.

Таким образом, в прыжках вверх после спрыгивания на жесткую опору до 50% сил инерции в ЦМ маховых звеньев возникает в результате увеличения отрицательной скорости ЦМ тела до момента постановки стоп на опору и активного разгибания туловища в момент их касания опоры, а остальные 50% за счет вращательного движения маховых звеньев.

Если учесть, что в прыжках с разбега значение максимума $F_{ин}$, приложенной в ЦМ маховой ноги, колеблется от 1205,4 Н до 1463,9 Н то нетрудно подсчитать суммарный вклад $F_{ин}$ маховых звеньев. Например, в прыжках в длину его величина достигает 2224,4 Н, т.е. 54,1% от максимальной величины силы реакции опоры (F_3) в конце амортизации.

В "шаге" и в "прыжке" тройного прыжка $F_{ин}$ маховых звеньев на 200 Н больше. Последнее обусловлено значительной отрицательной скоростью (вертикальной составляющей) ЦМ тела при постановке ноги на опору.

Характерной закономерностью для рассматриваемых видов прыжков является совпадение у спортсменов высокой квалификации максимума $F_{макс}$ с моментом максимального сгибания ног (ноги) в коленном суставе.

Полученные нами зависимости изменения управляющих моментов сил в суставах маховых звеньев для прыжков с разбега и данные

И.И.И. и др. (1976) для прыжков вверх с места указывает на то, что разгон маховых звеньев осуществляется при сгибании опорной ноги (ног) в КС, а их торможение при разгибании этого сустава, что обеспечивается:

1) действием положительного момента силы в плечевом суставе рук и тазобедренном суставе маховой ноги. В прыжках с разбега максимум момента проявляется до постановки стопы на опору;

2) уменьшением радиуса инерции маховых звеньев за счет сгибания руки в локтевом суставе и маховой ноги в коленном).

Способ выполнения маховых движений (прямой или согнутой конечностью) влияет на величину вертикальной составляющей количества движения ОЦМ ее звеньев. Так, в прыжках в глубину, в длину и на первой опоре в тройном прыжке для рук она равна 15,3 Н.м/с; 15,6 Н.м/с и 16,8 Н.м/с соответственно. В то время как в прыжке вверх с места, а также на второй и третьей опорах в тройном прыжке при выполнении этих движений почти прямыми руками его величина в рассматриваемый момент времени достигает соответственно 30,94 Н.м/с; 32,6 Н.м/с и 39,6 Н.м/с.

Наиболее эффективно реализуются маховые движения в прыжке вверх с места ($V_B = 59,2\%$ от $V_{B \max}$ ЦМ рук) и особенно в прыжках с разбега, где масса маховых звеньев составляет приблизительно 30% от массы тела спортсмена (V_B около 90% от $V_{B \max}$ ЦМ маховых звеньев). Менее эффективно реализуются маховые движения в прыжках вверх после сгибания на опору ($V_B = 35\%$ от $V_{B \max}$ рук).

Механизм "перевернутого маятника"

Суть этого механизма заключается в возможности добиться увеличения вертикальной скорости ОЦМ тела за счет поворотного движения тела спортсмена как целого относительно точки опоры. Такое движение можно создать лишь в прыжках с разбега.

Согласно данным ряда авторов и нашим результатам в прыжках в длину с разбега в период амортизации происходит подъем таза (точнее маркера, установленного на месте предполагаемой оси вращения в ТБС опорной ноги) до 0,06 м, несмотря на сгибание ноги в коленном суставе. По нашим данным, при отталкивании в прыжке в длину с разбега на 7,5 м подъем таза составил 0,045 м, а в тройном прыжке на 16,5 м величины этого показателя были равны 0,035 м, 0,029 и 0,04 м соответственно в "скачке", "шаге" и "прыжке". Однако, в это же время маховые звенья устремляются вниз-вперед. В результате этих компенсаторных движений ОЦМ тела перемещается в прыжках в длину параллельно опоре, а в тройном прыжке (в "шаге" и "прыжке") опускается к ней (Ю.В.Верхошенский, 1962; *W. Bauman*, 1980). По нашим данным, в этом периоде ОЦМ тела поднимается вверх до 8,4% от амплитуды подъема ОЦМ тела за время опоры (0,02 м при $S_1 = 0,266$ м) в прыжках в длину и опускается соответственно на 0,04 м и 0,06 м на второй и третьей опоре в тройном прыжке. При этом V_3 ОЦМ не превышает соответственно 37,5%, а также 17,6% и 12,0% от максимальной скорости ОЦМ тела. Если учесть, что плечевой пояс верхнего отдела туловища и таз принимают участие в маховых движениях, а количество движения ЦМ опорной ноги достигает за этот интервал времени 4,6-6,2% от своей максимальной величины, то вклад механизма "перевернутого маятника" не превышает 10-15%. На второй и третьей опорах тройного прыжка количество движения ЦМ толчковой ноги равно нулю, следовательно, вклад этого механизма еще меньше.

В работе изложены основные педагогические требования и практические рекомендации по эффективному использованию рассмотренных кинематических механизмов взаимодействия с опорой в прыжках.

ВЫВОДЫ

1. Взаимодействие с опорой в прыжковых упражнениях определяется действием трех основных, независимых на кинематическом уровне механизмов:

- разгибание ног и выпрямление туловища;
- движение маховых звеньев;
- поворотное движение тела как целого относительно точки опоры ("механизм перевернутого маятника"),

Кинематически независимые механизмы являются зависимыми на динамическом уровне. Овладение указанными механизмами является предметом обучения при освоении техники отталкивания.

2. Разработанная комплексная методика позволила ввести показатели, количественно характеризующие эффективность проявления основных кинематических механизмов в различных прыжковых упражнениях.

3. В разных видах прыжковых упражнений роль и вклад основных кинематических механизмов зависят от начальных условий выполнения прыжка и задач, стоящих перед спортсменом.

В прыжках вверх с места основную роль играют механизмы разгибания ног и выпрямления туловища и движения маховых звеньев. Вклад маховых движений руками в вертикальную скорость вылета ЦМ тела составляет от 7,4 до 26,1% и зависит от спортивной специализации, квалификации спортсменов и способа выполнения маховых движений (мах прямыми или согнутыми руками).

В прыжках вверх после предварительного спрыгивания на опору вклад за счет маховых движений достигает 24,8%.

В прыжках в длину с разбега суммарный вклад маховых звеньев составляет 39,4%, причем на мах руками приходится 13,9%. На первой опоре тройного прыжка с разбега величины вклада соответ-

БИБЛИОТЕКА

Львовского гос.

института физкультуры

4/9952
2586/

венно равны 27,2 и 7,9%, на второй опоре - 37,2 и 16,8% и на третьей - 42,7 и 19,7%.

Вклад механизма "перевернутого маятника" в этом виде прыжков не превышает 10-15%.

4. Механизм разгибания ног и выпрямления туловища, независимо от вида прыжка и способа отталкивания (одной или двумя ногами), осуществляется за счет следующих движений:

- последовательным разгибанием в суставах нижних конечностей. Время между началом разгибания в тазобедренном и коленном суставах для прыжков с места находится в пределах от 0,045 до 0,085 с, а в прыжках с разбега - от 0,025 до 0,06 с;

- разнонаправленным изменением углов в тазобедренном и коленном суставах при переходе от амортизации к отталкиванию, показателем которого может служить отношение угла в тазобедренном к углу в коленном суставе;

- оптимальным сгибанием ног (толчковой ноги) в коленном суставе. В прыжках вверх с места величина оптимума близка к 85° , в прыжках в глубину - 120° , а в прыжках в длину и тройным с разбега - около 135° . Кроме того, амплитуда вынужденного сгибания ноги (ног) в коленном суставе колеблется в пределах $25-35^{\circ}$ независимо от вида прыжка.

Отмеченные закономерности организации суставных движений при стремлении достигнуть максимальный результат в прыжках обусловлены строением и свойствами двигательного аппарата человека, в частности, соотношением максимальных силовых возможностей мышц нижних конечностей, зависимостями "сила - длина" и "сила - скорость" мышц, биомеханических двусуставных мышц и их упругими свойствами.

5. Механизм движения маховых звеньев включает следующие ча-

стные движения:

- вращение маховых звеньев относительно плечевых и тазобедренного суставов. Показателем эффективности этих движений является скорость (количество движения) центра масс маховых звеньев (в процентах от их максимальной величины), достигнутая к моменту начала разгибания ноги (ног) в коленном суставе. Величина этого показателя в прыжках вверх с места и после предварительного спрыгивания на опору достигают соответственно 59,2 и 35,4%; в прыжках в длину с разбега - 91,6%, а в тройном прыжке - 87,2% на первой, 76,1% - на второй, 79,8% - на третьей опоре;

- изменение биомеханической длины маховых звеньев в зависимости от скорости разбега и времени взаимодействия с опорой. При больших величинах времени опоры мах осуществляется более выпрямленными руками и ногой;

- ускоренное движение вверх плечевых и тазобедренного суставов ("точек подвеса" маховых звеньев). Величины вертикальной составляющей сил инерции в ЦМ маховых звеньев, возникающие за счет ускоренного движения вверх плечевых суставов, достигают в прыжке вверх с места 26,3%, а в прыжке вверх после предварительного спрыгивания на опору 46,5% от максимальной силы инерции ЦМ маховых звеньев.

6. Использование механизма "перевернутого маятника" в прыжках с разбега зависит от положения тела спортсмена в момент постановки ноги на опору, скорости разбега, силовых возможностей мышц нижних конечностей, а также способа выполнения маховых движений. Спортсмены высокой квалификации в прыжках с разбега ставят толчковую ногу под меньшим углом к опоре, сохраняя при этом "загробакший" способ постановки ноги и больше отклоняют туловище назад от положения вертикали.

7. Выявлен генезис отдельных экстремумов вертикальной составляющей динамограммы отталкивания. В частности, в прыжках с места первый максимум силы реакции опоры обусловлен ускоренным разгибанием в тазобедренном суставе, а второй максимум силы - в коленном и голеностопном суставах.

8. Определено влияние величины и скорости подседания на значение экстремума динамограммы отталкивания, последовательность разгибания суставов нижних конечностей и вертикальную составляющую скорости вылета ОЦМ тела:

- с увеличением глубины подседания динамограмма вертикальной составляющей силы реакции опоры принимает двухвершинный вид, а одновременное разгибание суставов нижних конечностей сменяется на последовательное;

- оптимальная скорость подседания в прыжках вверх с места без маха руками равна $1,15 \pm 0,17$ м/с, а с махом руками - $1,3 \pm 0,18$ м/с.

9. Важным элементом отталкивания, определяющим взаимосвязь основных кинематических механизмов на динамическом уровне, является использование сил упругой деформации предварительно растягиваемых мышц. Накопление и отдача энергии упругой деформации при подседании и последующем отталкивании обеспечивается:

- оптимальной глубиной и скоростью подседания в зависимости от начальных условий прыжка (преимущественно для односуставных мышц);

- разнонаправленным изменением углов в тазобедренном и коленном суставах (коленном и голеностопном суставах) при переходе от амортизации к отталкиванию, что обеспечивает необходимую величину и скорость растягивания двусуставных мышц нижних конечностей;

— созданием дополнительной нагрузки в результате выполнения маховых движений в момент максимального сгибания ноги (ног) в коленном суставе. В прыжках вверх с места, а также после предварительного спрыгивания на опору и в прыжках с разбега в длину и тройным (первая опора) инерционные силы в ЦМ рук имеют сходные величины и колеблются в пределах от 557,2 Н до 787,8 Н. На второй и третьей опорах тройного прыжка достигают соответственно 987,6 и 910,8 Н. Суммарная величина этих сил в ЦМ маховых звеньев в прыжках с разбега достигает 2402,7 Н.

10. При прыжках с разбега оптимальная техника взаимодействия с опорой должна удовлетворять четырем основным педагогическим требованиям:

- обеспечение максимально возможной скорости разбега;
- понижение ОЦМ тела на последних 3-2-х шагах разбега;
- постановка толчковой ноги (ног) и наклон туловища под возможно меньшим углом к опоре;
- начало выполнения активных движений по возможности более выпрямленными маховыми звеньями до постановки ноги (ног) на опору.

Эти четыре требования, однако, в значительной степени противоречат друг другу, что и определяет большую сложность их одновременной реализации. В частности, увеличение скорости разбега вынуждает спортсмена ставить ногу на опору "под себя" — под более тупым углом (во избежание чрезмерно больших ударных нагрузок), что ограничивает возможности использования механизмов "перевернутого маятника" и движения маховых звеньев. При этом накопление и отдача энергии упругой деформации в мышцах нижних конечностей реализуется не в полной мере. Поэтому каждый спортсмен должен стремиться выбрать такое оптимальное сочетание реализации че-

тырех указанных требований к осуществлению взаимодействия с опорой, которое соответствует его скоростно-силовым и техническим возможностям. Спортсменам высокой квалификации удастся осуществить разбег на более высокой скорости, обеспечивая при этом острый угол постановки согнутой ноги на опору "загребаящим" движением.

II. Использование в тренировочном и педагогическом процессе показателей эффективности взаимодействия с опорой, а также реализация выдвигаемых в настоящей работе педагогических требований позволяют индивидуализировать подготовку спортсменов, обеспечить рост спортивных результатов и определить содержание предмета обучения при освоении взаимодействия с опорой в прыжковых упражнениях.

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

1. Применение электронного коммутатора ламп-вспышек в стереоциклосъемке с использованием механического обтюратора / Я.Е.Ланка, Р.И.Максимов, С.И.Чабовский, Ал.А.Шалманов, Ал.А.Шалманов // Тезисы докл. науч.-техн. конф. по методам и приборам срочной информации в спорте. - М., 1975. - С. 45.

2. Применение двухсторонней стробоскопической стереофотосъемки при исследовании движений человека / В.М.Защирский, М.А.Каймин, В.В.Тюпа, С.И.Чабовский, Л.М.Файшин, Ал.А.Шалманов, С.К.Сарсания // Теория и практика физ. культуры. - 1977. - № 5. - С. 13-16.

3. Селуянов В.Н., Шалманов Ал.А. Основные механизмы отталкивания в прыжках в длину с разбега // Теория и практика физ. культуры. - 1983. - № 3. - С. 7-10.

4. Шалманов Ал.А., Прилуцкий Б.И. Определение кинематики движения ОЦМ тела человека по опорным реакциям // Теория и прак-

тика физ. культуры. — 1985. — № 11. — С. 7-9.

5. Шалманов Ал. А., Шалманов Ан. А. Биомеханика взаимодействия с опорой в прыжковых упражнениях: Методические рекомендации для студентов очного обучения тренерского факультета, слушателей ВШТ, ФУС и ФПК. — М.: ГЦОЛИФК, 1986.— С. 52.

Материалы диссертации докладывались

1. На научном семинаре кафедры биомеханики ГЦОЛИФК.
2. На Всесоюзном совещании тренеров по легкой атлетике (Таллин, 1985).
3. На Всесоюзном итоговом совещании тренеров сборных команд по легкой атлетике (Тбилиси, 1986).
4. На международном симпозиуме во Франции (Париж, 1986).

У517.117
Ш-184

1566/1