

4517.118

Г654

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ

На правах рукописи

ГОНСАЛЕС КОРА Хорхе Карлос
(Куба)

БИОДИНАМИКА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КИСТИ ПРИ МАКСИМАЛЬНЫХ
СКОРОСТНО-СИЛОВЫХ УСИЛИЯХ

Г3.00.04 - теория и методика физического вос-
питания и спортивной тренировки

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата педагогических наук

Москва - 1985

517.118
Г65

Работа выполнена в Государственном Центральном ордена
Ленина институте физической культуры.

Научный руководитель - доктор педагогических наук,
профессор ЗАИОРСКИЙ В.М.

Официальные оппоненты: доктор педагогических наук,
профессор ВЕРХОШАНСКИЙ Ю.В.
кандидат биологических наук,
доцент АРУИН А.С.

Ведущее учреждение - Всесоюзный научно-исследовательский
институт физической культуры.

104505

Защита состоится " 13 " 05 1985 г. в _____ час.
на заседании специализированного совета № 046.01.01 в Государ-
ственном Центральном ордена Ленина институте физической культу-
ры по адресу: Москва, Сиреневый бульвар, 4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан " 5 " 05 1985 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат педагогических
наук, доцент

ПРИМАКОВ Ю.Н.

БИБЛИОТЕКА
Института физической культуры
и спорта

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность данной диссертационной работы заключается в необходимости поиска новых путей достижения высших спортивных результатов в легкоатлетических метаниях, а также в необходимости изучения биомеханических свойств скелетных мышц при различных условиях их функционирования.

Во многих видах спорта кисть является связующим звеном между снарядом и другими звеньями тела спортсмена и на нее возлагается функция не только корректирующего элемента, но и обеспечения скоростного и силового компонентов движения.

Движения кисти играют исключительно важную роль во многих видах спорта. Однако функции и движения кисти в спорте и ее вклад в спортивный результат до сих пор мало изучены. Анализ научных работ на эту тему подтверждает вышесказанное.

Трудность рассмотрения задач, связанных с проблемой функционирования кисти в спортивных метаниях, прежде всего определяется сложностью действий этого звена верхней конечности и относительно небольшой амплитудой движений, выполняемых ею в слишком коротком промежутке времени. С другой стороны, для изучения этих относительно тонких движений следует соблюдать особые требования при использовании имеющихся методов биомеханики и изготовлении новых устройств и приспособлений, позволяющих решить поставленную проблему.

Представляет интерес определить влияние и вклад движений кисти в спортивный результат метания в легкой атлетике, поскольку решение этого вопроса прямо касается спортивной теории и практики.

Так как спортивные метания представляют собой скоростно-силовые движения и при взаимодействии кисти со снарядом проявляют-

1517.18
765

4

ся инерционные силы, то необходимо исследовать основные движения лучезапястного сустава кисти в подобных условиях. Это позволит выяснить биодинамику основных движений кисти.

Особое место занимает проблема накопления энергии упругой деформации при предварительном растягивании активированных мышц-сгибателей кисти и сухожилий и отдачи накопленной энергии, потенциальной по своей природе, во время последующего сокращения этой группы мышц. Это представляет интерес не только для биомеханики спорта, но и вообще обогащает имеющиеся знания о функционировании кисти человека.

Практика легкоатлетических метаний ставит также задачу изучения влияния избирательной тренировки мышц кисти на достижение лучших спортивных результатов в метаниях.

Цель работы заключалась в исследовании биодинамики функционирования кисти при максимальных скоростно-силовых усилиях и определении влияния избирательной тренировки мышц кисти на результат спортивных метаний.

Рабочая гипотеза заключалась в предположении о том, что:

- а) результаты в спортивных метаниях существенно определяются активностью мышц кисти и лучезапястного сустава;
- б) решающую роль в функционировании кисти играет накопление и отдача энергии упругой деформации;
- в) спортивные результаты в метаниях могут быть повышены за счет избирательной целенаправленной тренировки мышц кисти и лучезапястного сустава.

Научная новизна заключается в следующем:

- Впервые определен вклад движений кисти в спортивный результат легкоатлетических метаний.
- Впервые использованы специально изготовленные приспособ-

ления фиксации лучезапястного сустава в экспериментальном исследовании легкоатлетических метаний.

- Впервые создана специальная измерительная установка на основе инерционной техники для изучения основных движений в лучезапястном суставе и позволяющая выполнять сгибание кисти с предварительным растяжением мышц-сгибателей кисти.

- Впервые выявлены закономерности накопления и отдачи энергии упругой деформации в мышцах-сгибателях кисти.

- Впервые выявлено влияние избирательной тренировки мышц лучезапястного сустава на результаты метаний.

Практическая значимость работы заключается в определении вклада движения кисти в спортивный результат в легкоатлетических метаниях, обнаружении влияния избирательной тренировки мышц лучезапястного сустава на результат метаний, выявлении биомеханических характеристик основных движений кисти, участвующих в спортивных метаниях, что открывает возможность обосновать подбор специальных упражнений для метателей. В конечном итоге результаты исследования содействуют оптимизации спортивной тренировки, что способствует уменьшению травматизма и улучшению спортивных результатов.

На защиту выносятся фактические данные о спортивных результатах в метании в двух навязанных в эксперименте условиях, о кинематических характеристиках движений при них, о биомеханических характеристиках основных движений кисти, и в частности сгибания лучезапястного сустава при разных режимах активности (при накоплении энергии упругой деформации и без него), а также данные о влиянии прироста мышечной силы сгибателей кисти на спортивный результат в метаниях.

Структура диссертации. Работа состоит из введения, пяти

глав, выводов и практических рекомендаций, списка использованной литературы и приложения. Диссертация изложена на 253 страницах, включая 14 фотографий, 55 таблиц и 43 рисунка. В списке литературы приведены 208 источников на русском и 84 на иностранных языках.

2. ЗАДАЧИ, МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для достижения цели настоящей работы были поставлены следующие задачи:

1. Изучить вклад мышц лучезапястного сустава и кисти в сообщение финальной скорости вылета снаряда.
2. Определить закономерности накопления и отдачи энергии упругой деформации, возникающей вследствие предварительного растягивания мышц и сухожилий кисти при максимальных скоростно-силовых усилиях.
3. Определить влияние избирательной тренировки мышц лучезапястного сустава и кисти на достижения в метаниях.

Для решения поставленных задач были использованы следующие методы исследования:

1. Теоретический анализ и обобщение литературных и экспериментальных данных.
2. Педагогические наблюдения.
3. Кинематография.
4. Иммобилизация (фиксация) суставов.
5. Динамография.
6. Инерционная динамография.
7. Тензодинамометрия.
8. Педагогический эксперимент.
9. Методы математической статистики.

Чтобы выполнить задачи исследования, проводились три серии экспериментов:

Первая серия экспериментов проводилась на спортивной площадке стадиона. В ней принимали участие восемь толкателей ядра, шесть метателей копья и пять метателей диска. Всего в эксперименте принимали участие двадцать один спортсмен. Испытуемые выполняли движения в обычных условиях и в условиях фиксации кисти. Для обеспечения неподвижности в лучезапястном суставе были созданы три разных приспособления. Они обеспечивали определенное положение кисти при каждом виде метания (исходное положение при толкании ядра и метании диска и копья). В этом положении на руку четырех толкателей, четырех метателей диска и четырех метателей копья был наложен гипс и получены модели (позитивы), на основе которых были изготовлены приспособления из специально обработанной кожи для ортопедических изделий и пластин. С одной стороны эти приспособления гарантировали неподвижность лучезапястного сустава во время эксперимента, а с другой, обеспечивали адекватный захват снаряда. С помощью скоростной кинокамеры (частота съемки 1000 к/с) движения были зарегистрированы и определены скоростные характеристики движений, выполняемых в обоих условиях. Была измерена дальность полета снаряда.

Вторая серия экспериментов проводилась в условиях лаборатории с помощью специально созданной установки, которая позволяет изучать скоростно-силовые характеристики основных движений кисти, выполняемых в разных режимах, в частности, в режиме "внезапного освобождения". Данная установка построена таким образом, что имитирует финальное положение руки в метании и позволяет выполнять сгибание при предварительном растягивании мышц-сгибателей кисти. Установка состоит из инерционной части, пускового механизма, дат-

чика измерения скорости вращаемых масс, датчика измерения сил, вспомогательных приспособлений, каретки для выполнения движения при предварительном растягивании мышц, датчика измерения скорости каретки и регистрирующей аппаратуры.

В эксперименте принимали участие два студента института физической культуры, два метателя первого разряда, два метателя кандидата в мастера спорта и один метатель - мастер спорта.

Третья серия экспериментов проводилась в условиях лаборатории и на спортивной площадке с целью определить влияние избирательной тренировки на спортивный результат метаний. В эксперименте участвовала группа из сорока мальчиков-школьников, не занимающихся спортом, разделенная на экспериментальную и контрольную группы. С помощью тензо- и механического динамометра была измерена изометрическая сила схвата, сгибания, приведения и отведения кисти. Кроме того, был измерен результат в толкании ядра с места на разных этапах тренировки мышечной силы кисти в экспериментальной группе и в начале, и в конце экспериментов - в контрольной группе.

Измерялись также антропометрические параметры кисти.

Предварительная обработка экспериментальных данных заключалась в определении разности результатов метаний, выполняемых в обычных условиях и в условиях фиксации кисти и представления киноциклограмм; в определении значений величин, непосредственно зарегистрированных на более чем 500 осциллограммах при выполнении сгибания, приведения, отведения и сгибания с предварительным растягиванием мышц-сгибателей кисти; в косвенном вычислении значений кинематических и динамических характеристик и в определении прироста силовых показателей мышц-сгибателей кисти и спортивного результата.

Статистическая обработка заключалась в определении средних арифметических величин, средних квадратических отклонений, стандартных ошибок средней величины, линейных коэффициентов корреляции и оценки существенности различия результатов.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Вклад движения кисти в достижение спортивных результатов при метаниях

В таблице I приведены средние арифметические величины дальности полета и скорости вылета снаряда при толканиях и метаниях, выполняемых в обычных условиях (А) и в условиях фиксации лучезапястного сустава (Б). Достижения в условиях (А) выше достижений в условиях (Б). Это наглядно видно из того факта, что все средние арифметические разностей ($\bar{\Delta} AB$) больше нуля.

Оценка существенности различий результатов (Рез) показывает, что полученные значения критерия Стьюдента $t_{\text{расчет}}$ больше граничных значений $t_{\alpha, \nu}$, так что нулевая гипотеза отвергается. Следовательно, движение кисти в толкании ядра, метании копья и метании диска ведет к достоверному увеличению дальности полета снаряда.

Оценка существенности различий скорости вылета снаряда также показывает, что полученные значения критерия Стьюдента $t_{\text{расчет}}$ больше граничных значений $t_{\alpha, \nu}$, так что нулевая гипотеза отвергается и в этом случае, т.е. движение кисти при толкании ядра, метании копья и метании диска ведет к достоверному увеличению скорости вылета снаряда.

Применение W -критерия показало, что $W > W_{\alpha}$. Таким образом, можно сказать, что распределение прироста результатов и скорости вылета снаряда в толкании ядра, метании копья и метании диска как в обычных условиях, так и в условиях фиксации кисти

Таблица I

Средние значения дальности полета и скорости вылета снаряда, их статистические параметры и оценка существенности различий результатов при толкании ядра, метании копья и метании диска, выполняемых в обычных условиях (А) и в условиях фиксации кисти (Б)

Показатели	А	Б	ΔAB	$t_{расч}$	$t_{\alpha, \nu}$	P	$\frac{\Delta AB}{\text{к значению А}}$	
Толкание ядра	\bar{x} (м)	15,34	14,05	1,29				
	σ (м)	1,48	1,50	0,75	7,52	3,9	<0,001	8,4
	Рез s (м)	0,33	0,34	0,17				
	v (%)	9,6	10,7	57,9				
Толкание ядра	\bar{x} (м/с)	7,8	7,3	0,6				
	σ (м/с)	0,5	0,6	0,3	5,9	3,7	<0,001	7,7
	s (м/с)	0,1	0,2	0,1				
	v (%)	6,0	7,9	44,8				
Метание копья	\bar{x} (м)	52,43	42,67	9,76				
	Рез σ (м)	11,09	11,37	1,26	26,8	4,4	<0,001	18,6
	s (м)	3,20	3,28	0,36				
	v (%)	21,2	26,6	12,9				
Метание копья	\bar{x} (м/с)	16,9	14,3	2,5				
	σ (м/с)	2,5	2,9	0,4	17,1	6,0	<0,001	14,8
	s (м/с)	0,8	1,1	0,2				
	v (%)	14,6	20,0	15,4				
Метание диска	\bar{x} (м)	52,97	34,74	18,23				
	Рез σ (м)	6,30	6,24	5,02	11,50	4,78	<0,001	34,4
	s (м)	1,99	1,97	1,59				
	v (%)	11,9	18,0	27,5				
Метание диска	\bar{x} (м/с)	15,3	11,7	4,1				
	σ (м/с)	1,4	1,3	1,2	7,7	4,6	<0,01	26,8
	s (м/с)	0,4	0,6	0,5				
	v (%)	8,9	11,3	28,9				

не отличается от нормального. Гипотеза о нормальности распределения здесь не отвергается, так что применение χ^2 -критерия для проверки гипотезы $H_0: \sigma = 0$ оправдано.

Многочисленный анализ скоростной киносъемки и киноциклограмм финального усилия толканий и метаний позволил наблюдать ясно видимое движение кисти разгибания и сгибания в лучезапястном суставе в толкании ядра и метании копья. В метании диска подобного явно выраженного движения кисти первоначально обнаружить не удалось. Более тщательным наблюдением мы смогли, однако, установить движение приведения и отведения существенно более маленькой амплитуды по сравнению с движениями кисти в толкании ядра и метании копья.

Разгибание кисти в толкании ядра происходит при максимальном сгибании руки в локтевом суставе и пронации предплечья, когда кисть вместе с ядром начинает удаляться от ключицы под действием мышечной силы руки, приложенной к ядру, и инерционной силы, воздействующей на кисть. Отсюда возникает мысль определить возможное количество энергии упругой деформации, накопленной во время растягивания мышц сгибателей кисти при ее насильственном разгибании.

В метании копья движение в лучезапястном суставе является сложным действием, функции которого позволяют увеличивать скорость вылета и сохранять или изменять направление движения копья при финальном усилии. В начале этой фазы рука выпрямлена и кисть осуществляет разгибание, чтобы обеспечить адекватный угол снаряда. Одновременно с движениями плеча и предплечья в направлении метания выполняется сгибание кисти с небольшой пронацией предплечья, которая продолжается и после момента выпуска снаряда.

Графики скорости снаряда и суставов верхней конечности по-

зволюли установить различия между значениями скорости У-го пястно-фалангового или Ш-го пястно-фалангового сустава и скорости лучезапястного сустава как следствие движения кисти в лучезапястном суставе в обычных условиях. Таким путем было также доказано, что во время эксперимента обеспечивались условия, которые определили различия в результате метаний, т.е. обеспечивались условия, наложенные экспериментом.

Анализ кривых скорости суставов верхней конечности в обеих навязанных условиях также показывает кинематические различия как следствие отсутствия активности кисти. В условиях фиксации не наблюдается той четкой последовательности в достижении максимумов скорости, которая имеет место при толкании и метании в обычных условиях.

3.2. Биомеханические характеристики основных движений кисти в зависимости от эквивалентной массы (в отсутствие предварительного растягивания мышц)

Были получены биомеханические характеристики движений сгибания, приведения и отведения кисти при разных значениях внешнего сопротивления (эквивалентной массы) в режиме внезапного освобождения.

Значения максимальной силы взаимодействия незначительно различались между собой в одном и том же задании. Сходство между абсолютными значениями максимальной силы при одном и том же задании является следствием самих условий эксперимента, проводимого в условиях внезапного освобождения.

Время взаимодействия при всех трех заданиях нелинейно увеличивалось при увеличении внешнего сопротивления. Между отдельными заданиями (сгибание, отведение, приведение) наблюдались, однако, большие различия. Две причины вызывают различия в указан-

ных кривых. Первая – различная максимальная сила, проявляемая в каждом из заданий; вторая – различия амплитуды движения при этих заданиях.

Импульс силы при заданиях "сгибание", "приведение" и "отведение" увеличивается при увеличении эквивалентной массы как следствие увеличения времени взаимодействия.

Кривые "максимальная скорость – эквивалентная масса" имеют вид гиперболы. В зависимости от типа движения кривые скоростей перемещаются по отношению к началу координат. Кривая отведения самая близкая к началу координат, затем кривая приведения, и самая отдаленная от начала – кривая сгибания.

В общем получается, что максимальная скорость уменьшается при увеличении внешнего сопротивления. Для любого значения эквивалентной массы максимальная скорость сгибания больше скорости приведения, а последняя больше скорости отведения.

Вычисление величин кинетической энергии, переданной массе при заданиях "сгибание", "приведение" и "отведение" показывает, что с увеличением эквивалентной массы изменения кинетической энергии практически не происходит (зависимость линейна с небольшим отрицательным наклоном). Уменьшение скорости как бы компенсируется большими значениями эквивалентной массы. Самые большие значения кинетической энергии наблюдаются при сгибании, а наименьшие – при отведении.

3.3. Биомеханические характеристики движения после предварительного растягивания мышц в зависимости от эквивалентной массы

Интерес, который представляет настоящий анализ, вызван тем, что при метаниях и ряде других спортивных упражнений кисть выполняет движения в условиях, аналогичных условиям эксперимента.

При задании "сгибание с предварительным растягиванием мышц" максимальная сила, прикладываемая кистью, увеличивается при увеличении внешнего сопротивления. Однако растягивание мышц само по себе не является причиной изменения характеристики максимальной силы, регистрируемой в этом случае. Анализ динамограмм позволил установить, что при задании "сгибание" сила достигает максимума до того, как производится внезапное освобождение, в то время как при задании "сгибание с растягиванием" максимальная сила достигается после внезапного освобождения.

Как в задании "сгибание", так и в задании "сгибание с предварительным растягиванием", время взаимодействия увеличивается при увеличении эквивалентной массы. Но для любого значения внешнего сопротивления время взаимодействия при движениях, выполняемых с растягиванием, больше чем при движении без него, вследствие большей амплитуды движения лучезапястного сустава под действием внешних сил, т.е. путь, пройденный рабочей точкой кисти, который практически постоянен для различных значений внешнего сопротивления, больше при сгибании с предварительным растягиванием, чем при задании "сгибание".

Зависимость времени сокращения мышц сгибателей кисти от эквивалентной массы сходна с зависимостью времени взаимодействия при заданиях "сгибание" и "сгибание с предварительным растягиванием мышц".

При малых значениях внешнего сопротивления величины импульса силы при заданиях "сгибание" и "сгибание с предварительным растягиванием" сходны. С ростом эквивалентных масс различия существенно возрастают вследствие изменения как максимальной силы, так и времени взаимодействия.

При обоих заданиях наблюдается, что максимальная скорость, достигаемая кистью, уменьшается при увеличении эквивалентной

массы. Обе зависимости имеют вид гиперболы. Для любого значения эквивалентной массы максимальная скорость при задании "сгибание с растягиванием" больше, чем скорость при задании "сгибание".

Зависимость средней скорости сокращения мышц-сгибателей кисти от внешнего сопротивления имеет сходную характеристику с зависимостью максимальной скорости в обоих заданиях.

При простом сгибании (рис. I) зависимость кинетической энергии от эквивалентной массы, как уже отмечалось, линейна с небольшо-

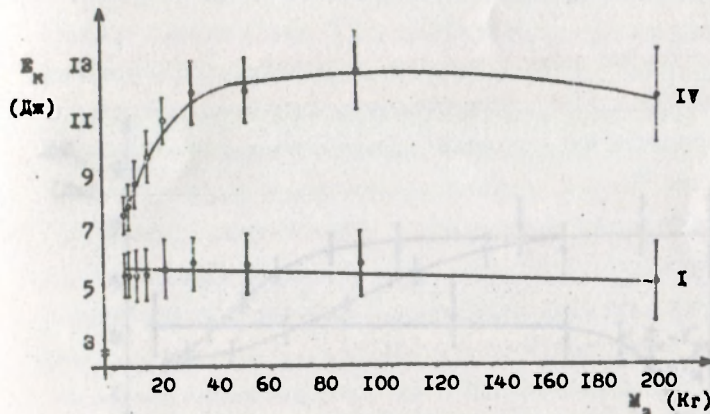


Рис. I Кинетическая энергия при сгибании (I) и при сгибании с растягиванием мышц-сгибателей кисти (IV) в зависимости от эквивалентной массы

шим отрицательным наклоном, в то время как при сгибании с предварительным растягиванием мышц-сгибателей кисти кинетическая энергия, сообщаемая снаряду, явно увеличивается при увеличении эквивалентной массы. В зоне маленьких эквивалентных масс нарастание

кинетической энергии больше. По достижении определенной величины это нарастание прекращается и имеет место небольшое уменьшение кинетической энергии для самых больших эквивалентных масс.

3.4. Накопление энергии упругой деформации мышц и сухожилий и ее влияние на биомеханические характеристики движения

Для любого значения эквивалентной массы кинетическая энергия больше при сгибании с растягиванием, чем при сгибании без него. Накопление и отдача энергии упругой деформации вызывают прирост кинетической энергии (рис. 2).

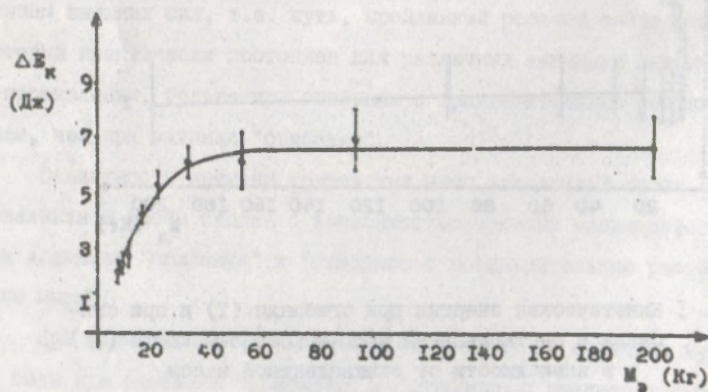


Рис. 2 Прирост кинетической энергии при сгибании с предварительным растягиванием мышц в сравнении с простым сгибанием кисти в зависимости от эквивалентной массы

При изученных заданиях прирост кинетической энергии сильно нарастает для маленьких значений эквивалентной массы, в то время как для больших он перестает нарастать, т.е. существует энергетический уровень или "барьер", сверх которого мышцы (и/или пассивные ткани) не могут накопить энергию упругой деформации. Следовательно, величина накопленной энергии упругой деформации имеет вполне определенное конечное значение.

Прирост кинетической энергии (рис. 3) сильно нарастает при маленьких значениях времени взаимодействия и больших скоростях, в то время как при больших значениях времени и маленьких значе-

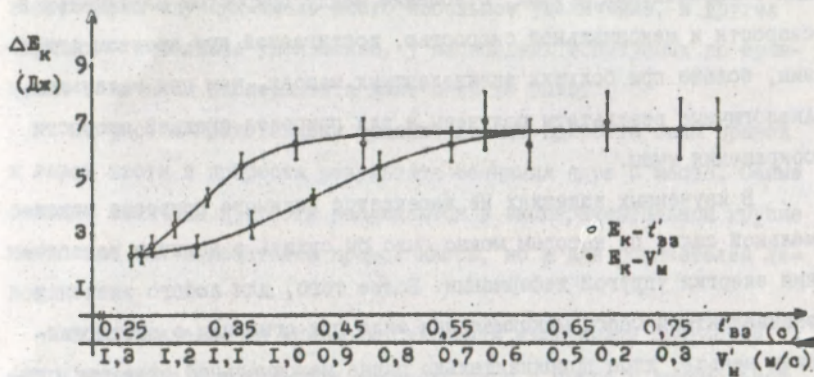


Рис. 3 Прирост кинетической энергии при сгибании с предварительным растягиванием мышц кисти в сравнении с простым сгибанием в зависимости от полусумм времен взаимодействия и максимальных скоростей в обоих заданиях

БИБЛИОТЕКА
Львовского гос.
института физкультуры

них скорости он практически перестает нарастать. Данный результат подтверждает наличие энергетического уровня (предела) накопления и отдачи энергии упругой деформации в мышцах и сухожилиях.

Был вычислен прирост абсолютных значений максимальной скорости, наблюдаемый при сопоставлении обеих заданий в зависимости от эквивалентной массы. Для любого значения эквивалентной массы прирост скорости больше нуля. Следовательно, при любом значении эквивалентной массы при задании, выполняемом с предварительным растягиванием, происходит возрастание максимальной скорости. Следовательно, накопление и отдача энергии упругой деформации выражается в увеличении максимальной скорости движущейся кисти.

Хотя абсолютный прирост скорости сравнительно мал при больших эквивалентных массах, отношение между приростом максимальной скорости и максимальной скоростью, достигаемой при простом сгибании, больше при больших эквивалентных массах, чем при маленьких, Аналогичные результаты получены и для прироста средней скорости сокращения мышц.

В изученных заданиях не замечается видимого прироста максимальной силы, по которым можно было бы судить о наличии накопления энергии упругой деформации. Более того, для любого значения эквивалентной массы максимальная сила при сгибании с растягиванием меньше, либо приблизительно равна максимальной силе при сгибании. Однако, учитывая, что в задании "сгибание" максимальная сила достигается до момента освобождения (при изометрическом режиме), а при задании "сгибание с предварительным растягиванием" максимальная сила достигается после освобождения, можно заключить, что, если бы накопление энергии упругой деформации отсутствовало, то при любом значении эквивалентной массы при первом

задании величины сил должны были бы быть значительно больше, чем максимальные силы при втором задании. В действительности этого не происходит. Следовательно, при задании, выполняемом с предварительным растягиванием мышц-сгибателей кисти, действительная величина максимальной силы увеличивается.

3.5. Влияние избирательной тренировки мышц лучезапястного сустава и кисти на достижения в толкании ядра (педагогический эксперимент)

Результаты показывают, что в конце тренировочного периода (последнего измерения в контрольной группе) увеличивались все измеренные силовые показатели у всех испытуемых экспериментальной группы. В то же время, в контрольной группе одностороннего изменения силовых возможностей всех испытуемых не наблюдалось: в некоторых случаях имело место небольшое увеличение, в других случаях – небольшое уменьшение, у нескольких испытуемых по сравнению с началом эксперимента изменений не было.

На рис. 4 представлены средние данные прироста силы правой и левой кисти и прироста результата толкания ядра с места. Самые большие величины прироста наблюдаются в экспериментальной группе не только для показателей правой кисти, но и для показателей левой.

Сопоставление по критерию Стьюдента измеренных приростов сил и прироста в результате толкания ядра с места у контрольной и экспериментальной групп, а также сравнение групп между собой выявили наличие достоверно значимых различий.

Таким образом, как в контрольной, так и в экспериментальной группе в итоге тренировки повысились достижения в измеряемых заданиях и величина приростов в экспериментальной группе значительно больше, чем в контрольной.

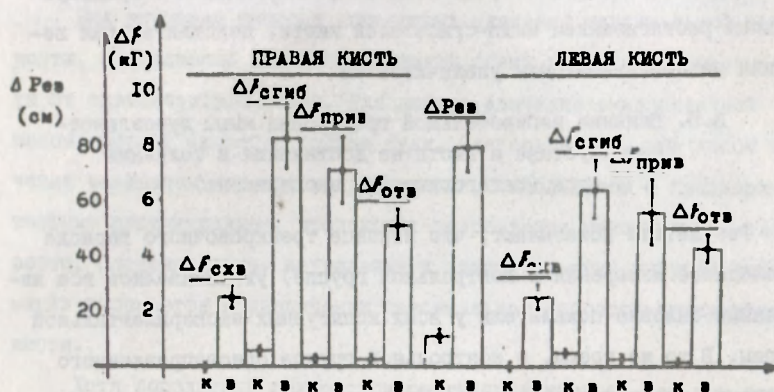


Рис. 4 Приросты сил правой и левой кисти в контрольной (К) и экспериментальной (Э) группах. $\Delta f_{схв}$ - прирост силы схвата, $\Delta f_{сгиб}$ - прирост силы сгибания, $\Delta f_{прив}$ - прирост силы приведения, $\Delta f_{отв}$ - прирост силы отведения, $\Delta Рез$ - прирост результата толкания ядра

Интересной является сильная линейная корреляция (соответствующее уравнение регрессии равно $y = 0,15 + 0,08x$) между приростом силы сгибания кисти и приростом результата в толкании ядра ($r = 0,95$). Значительные коэффициенты корреляции существуют также между приростом силы приведения ($r = 0,66$) и немного меньше с приростом силы отведения ($r = 0,54$), с одной стороны, и приростом результата в толкании, с другой. Это видимо объясняется тем, что при приведении кисти достаточно доказано участие в выполнении движения локтевого сгибателя кисти, то есть мышцы, которая

участвует также при сгибании кисти. С другой стороны, при отведении активен лучевой сгибатель кисти - мышца, которая непосредственно осуществляет сгибание кисти.

Поскольку при метании копья тоже происходит сгибание кисти, а при метании диска выполняется быстрое отведение кисти до момента выпуска снаряда, то отсюда следует, что полученные результаты могут быть обобщены на такие дисциплины, как метание копья и диска, а следовательно, выводы данной работы могут быть обобщены на все три названные легкоатлетические дисциплины, а не только на толкание ядра.

ВЫВОДЫ

1. Движение кисти в спортивных метаниях ведет к достоверному увеличению дальности полета и скорости вылета снаряда. В основе этого в значительной степени лежит явление использования энергии упругой деформации мышц и сухожилий лучезапястного сустава, накопленной в первой фазе финального усилия.

2. При выполнении основных движений кисти в лучезапястном суставе (при заданиях "сгибание", "отведение" и "приведение") с увеличением внешнего сопротивления:

а) Максимальная сила, прикладываемая кистью, практически постоянна ;

б) Время взаимодействия и импульс силы нелинейно возрастают ;

в) Максимальная скорость рабочей точки кисти гиперболически уменьшается ;

г) Значения кинетической энергии образуют прямую с небольшим отрицательным наклоном.

3. При сгибании, выполняемом после предварительного растя-

гивания мышц и сухожилий, с увеличением внешнего сопротивления:

а) Максимальная сила, прикладываемая кистью, время взаимодействия и время сокращения мышц увеличиваются ;

б) Максимальная скорость и средняя скорость сокращения мышц гиперболически уменьшаются ;

в) Путь, пройденный рабочей точкой кисти остается практически постоянным ;

г) Кинетическая энергия, сообщаемая снаряду, явно увеличивается при увеличении эквивалентной массы. В зоне маленьких эквивалентных масс нарастание энергии большое. При достижении определенной величины это нарастание прекращается и имеет место небольшое уменьшение кинетической энергии для самых больших эквивалентных масс.

4. При сравнении заданий "стигание" и "стигание с предварительным растягиванием" обнаружено, что:

а) Время взаимодействия, время сокращения мышц, путь, пройденный рабочей точкой кисти, и максимальная скорость при любой эквивалентной массе больше при задании "стигание с предварительным растягиванием", чем при задании "стигание" ;

б) Абсолютные значения импульса силы сходны при маленьких значениях эквивалентной массы ; различия существенно возрастают с ростом эквивалентной массы ;

в) Различия в величинах кинетической энергии резко увеличиваются в зоне маленьких значений эквивалентной массы, маленьких значений времени взаимодействия и больших значений скорости движения. В зоне больших эквивалентных масс, больших времен взаимодействия и маленьких значений скорости движения эти различия перестают нарастать, что указывает на наличие энергетического уровня ("барьера"), сверх которого мышца (и/или пассивные анатомичес

кие структуры) не может накопить энергию упругой деформации. Следовательно, величина накопленной энергии упругой деформации имеет вполне определенное конечное значение.

5. Накопление и отдача энергии упругой деформации выражается в увеличении максимальной скорости движения кисти. Самый большой прирост скорости кисти достигается при малых значениях эквивалентной массы, но отношение между приростом максимальной скорости и максимальной скоростью, достигаемой при простом сгибании, больше при больших эквивалентных массах.

6. Теоретический анализ показывает, что накопление и отдача энергии упругой деформации ведут к увеличению максимальной силы.

7. Прирост в результате целенаправленной тренировки силовых показателей сгибания, приведения и отведения положительно влияет на спортивный результат в метаниях.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При обучении и тренировке в толкании ядра, метании копья и диска необходимо уделять больше внимания специальной тренировке мышц лучезапястного сустава. Для этого можно успешно применять тренажер, использованный в данной работе.

2. При обучении и совершенствовании техники метаний следует обращать внимание на использование энергии упругой деформации мышц и сухожилий лучезапястного сустава.

3. Критерием использования энергии упругой деформации может быть факт растягивания мышц и сухожилий лучезапястного сустава в первой фазе финального усилия, что выражается в увеличении в данной фазе угла лучезапястного сустава в направлении, противоположном метательному движению.