

УДК 612. 76: 796. 431. 2

Позюбанов Э.П., Сотский Н.Б., Макась М.М., Костенко И.А.

БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ К ОТТАЛКИВАНИЮ ШАГОВ РАЗБЕГА ПРЫГУНЬЯМИ В ДЛИНУ РАЗЛИЧНОЙ КВАЛИФИКАЦИИ

В статье рассмотрены некоторые биомеханические аспекты качественной реконструкции двигательных действий прыгуний в длину, определяющих фазу перехода от разбега к отталкиванию. Показано рациональное направление развития ее ритмо-темповой структуры и взаимодействие элементов динамической осанки и управляющих движений.

Ключевые слова: биомеханический анализ, прыжок в длину, ритмо-темповая структура, динамическая осанка, управляющие движения.

Постановка проблемы. Анализ последних исследований и публикаций. Решение двигательной задачи в легкоатлетическом прыжке в длину в первую очередь связано с качеством реализации его подготовительной части – разбега. Требуемое формирование данной фазы рассматриваемого спортивного упражнения подразумевает достижение максимальной скорости движения прыгуна к месту отталкивания, рациональной перестройки системы заключительных беговых шагов для выполнения отталкивания, минимизацию потерь горизонтальной скорости на последних шагах разбега и в отталкивании [1, 2]. Наиболее сложным в этом аспекте является организация оптимальных биомеханических условий для эффективного построения важнейшего элемента прыжка в длину – отталкивания. В научно-методической литературе реализацию данного процесса чаще всего связывают с развертыванием специализированной ритмо-темповой структуры последних беговых шагов разбега, формирующей рациональные условия для создания качественной системы двигательных действий фазы отталкивания.

Прыгуны в длину в заключительной части разбега используют различные варианты ритмо-темповой структуры последних шагов. Эти построения характеризуются нарастанием темпа на четырех, трех и двух последних шагах разбега, его стабилизацией на последних двух шагах или снижением на последнем шаге, асимметрией в показателях темпа толчковой и маховой ног [3]. Прыгуны невысокой спортивной квалификации, по мнению некоторых авторов, преимущественно используют такую ритмо-темповую организацию, которая характеризуется стабилизацией темпа на последних шагах разбега или его снижением на предпоследнем шаге. В отличие от них, рассматриваемая структура высококвалифицированных спортсменов отличается нарастанием темпа в этой части разбега [4]. Подобный вариант развертывания двигательных действий следует признать эффективным по следующим причинам: 1) равномерное увеличение темпа на последних шагах разбега способствует достижению наивысшей скорости непосредственно перед отталкиванием; 2) данная структура движений исключает возможность потери горизонтальной скорости во время подготовки к отталкиванию и позволяет выполнить его более эффективно; 3) при плавном нарастании темпа не наблюдается перенапряжение ведущих мышечных групп, движения становятся свободными и поддаются контролю. В этой связи, несмотря на многообразие вариантов ритмического рисунка разбега, которые подробно описаны в литературе, следует отметить, что в практике основным критерием правильного ритма является ускорение темпа последних шагов без значительного их удлинения. Особенностью внутришагового ритма последних шагов разбега является уменьшение времени полетных и опорных фаз [5]. Именно поэтому необходимо с самого начала специализации в прыжке в длину формировать у спортсменов правильный рисунок разбега с плавным нарастанием темпа на последних 4-3 шагах.

Однако формальное восприятие количественных особенностей интересующей нас фазы рассматриваемого легкоатлетического упражнения не позволяет в должной мере ответить на вопрос о том, каким образом происходит качественный скачок в организации двигательного действия. Какие элементарные преобразования в интересующей нас системе движений формируют новый качественный уровень функционирования специализированного двигательного навыка.

Задачи и методы исследования. Предметом настоящего исследования явился процесс совершенствования системы движений заключительной части разбега у прыгунов в длину. В качестве частных задач было избрано рассмотрение направления развития ритмо-темповой структуры последних шагов разбега по мере повышения уровня квалификации спортсменов и определение состава системы движений прыгунов в длину при выполнении двух заключительных шагов разбега (элементы динамической осанки и управляющие движения). Основным инструментальным методом исследования

послужила скоростная видеосъемка. Она проводилась фотокамерой "Casio" со скоростью фиксации 300 кадров в секунду. Обработка полученных данных производилась с помощью программного обеспечения Adobe Photoshop и MS Office Excel. Анализировались соревновательные прыжки трех прыгуний в длину различной квалификации: спортсменки первого разряда (5, 41м), мастера спорта (6, 14м) и мастера спорта международного класса (6, 82м).

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ различных временных характеристик выполнения последних четырех шагов разбега прыгуньями в длину различной квалификации позволяет в определенной степени наметить некоторые тенденции в качественном формировании рассматриваемых нами двигательных действий (таблица 1).

Так, например, минимальное время преодоления последних шагов разбега зарегистрировано у представительницы элитной группы – 0,86 с. Тем не менее, этот показатель не выявляет четких квалификационных особенностей построения заключительной фазы в прыжках в длину, поскольку аналогичная величина у спортсменки первого разряда больше всего лишь на 0,02 с.

Таблица 1

**Временные характеристики последних шагов разбега
у прыгуний в длину различной квалификации**

Квалификация	4-й шаг, с		3-й шаг, с		Предпоследний шаг, с		Последний шаг, с		Отталкивание, с
	опора	полет	опора	полет	опора	полет	опора	полет	
МСМК	0,10	0,16	0,09	0,12	0,09	0,13	0,09	0,08	0,11
МС	0,11	0,17	0,11	0,14	0,10	0,16	0,10	0,10	0,12
1-й разряд	0,10	0,13	0,10	0,13	0,10	0,13	0,11	0,08	0,13

Более убедительную аргументацию значимости скоростной составляющей подготовленности спортсменок представляет сопоставление временной протяженности той двигательной структуры, где происходят основные события подготовки к отталкиванию в прыжках в длину, а именно – двух последних шагов разбега. Здесь отличия между прыгуньями различных квалификационных групп составляют уже от 8 до 17% и являются свидетельством не только количественных, но в определенной степени и качественных изменений в специализированной системе двигательных действий.

Наиболее существенно, на наш взгляд, квалификационные различия обнаруживаются при рассмотрении ритмических и темповых характеристик выполнения подготовительной фазы. Заметно, что формирование временной протяженности различных шагов разбега у всех спортсменок происходит в большей степени за счет варьирования фазы полета, поскольку длительность опорных периодов в каждом из исследуемых шагов у них колеблется в пределах всего лишь одной сотой секунды. Кстати, и в динамике изменения этого показателя по мере приближения к месту отталкивания у прыгуний различной квалификации обнаруживаются интересные отличия. Сильнейшая, спортсменка уменьшает время контакта с опорой, начиная с третьего шага, стабилизируя его параметры до момента отталкивания. У мастера спорта мы обнаруживаем равновесное по рабочим циклам снижение опорных взаимодействий – в четвертом и третьем шагах контакт с опорой у нее составляет 0,11с, а во втором и первом – 0,10с. И совершенно иную картину развертывания динамики опорных периодов нам демонстрирует наименее квалифицированная прыгунья в длину. На фоне стабильного выполнения качественных опорных взаимодействий в первых трех шагах мы наблюдаем увеличение рассматриваемой характеристики в последнем шаге. Подобная схема варьирования данного показателя косвенно свидетельствует о силовой ориентации выполнения отталкивания. Неосознанное желание увеличить силовую составляющую отталкивания заставляет прыгунью расширить возможности для реализации этого компонента посредством роста контактного взаимодействия с опорой уже на подготовительных шагах разбега.

Наибольшая спецификация подготовительных действий прыгуний в длину происходит посредством управления полетными фазами циклических операций. Вариация этого компонента беговых шагов доходит до ста процентов в зависимости от их функциональной направленности. У всех без исключения спортсменок максимальное время полетной фазы обнаружено в четвертом шаге, отсюда относительное распределение длительности исследуемых характеристик выглядит следующим образом. Сильнейшая прыгунья демонстрирует последовательное, причем очень значительное, уменьшение рассматриваемого показателя по мере приближения к месту отталкивания. Его числовой ряд относительно максимальной величины выглядит как: 100 (4 шаг) – 75(3 шаг) – 81(2 шаг) – 50% (последний шаг). Следующая по квалификации участница в целом характеризуется менее значимыми и, следует добавить, выразительными изменениями параметров полетной характеристики: 100 – 82 – 94 – 58%. Спортсменка первого разряда и в этом аспекте значительно отличается от своих коллег. Полетное время ее четвертого – второго беговых шагов составляет 0,13с, то есть в совокупности временные

характеристики этих последовательных трех циклических действий не отличаются и составляют 0,23 с. В целом же ее относительный временной ряд полетных беговых действий выглядит как 100 – 100 – 100 – 61%. Таким образом, общая тенденция изменения полетной фазы последних беговых шагов у прыгуньи в длину различной квалификации проявляется в различной картине уменьшения этого показателя по мере приближения спортсмена к моменту отталкивания.

Реальное управление ритмо-тепловыми характеристиками подготовительной части разбега прыгунов в длину происходит на уровне восприятия целостной структуры данного двигательного действия. Микро интервалы времени, которые формируют отличительные особенности опорных и полетных фаз последних беговых шагов разбега спортсмены, конечно же не воспринимают как объективные исходные данные и они не могут служить в качестве строительного материала для управления специализированной системой двигательных действий. Образование воспринимаемых блоков требуемой информации происходит благодаря интеграция отдельных элементарных образований до уровня формирования беговых шагов, сопоставлению их количественных и качественных характеристик. С этих позиций целесообразно рассмотреть временную структуру целостных шагов рассматриваемого нами периода активной подготовки к отталкиванию, а также отличительные особенности работы левой и правой ноги на данном этапе специализированного двигательного действия.

Первичный анализ временных характеристик четырех последних беговых шагов показывает, что у квалифицированных прыгуньи в длину длительность бегового шага выполняемого толчковой ногой несколько выше, чем маховой. Например, абсолютная временная протяженность рассматриваемых нами циклических операций составляет у мастера спорта международной квалификации следующий временной ряд: толчковая нога – 0,26с, маховая нога – 0,21с, толчковая нога – 0,22с, маховая нога – 0,17с. Заметно, что с приближением к месту отталкивания действия прыгуньи последовательно убыстряются, а кроме этого изменяются и отношения между временем работы маховой (правой) и толчковой (левой) ноги. В первой паре шагов оно составляет 0,81, а во второй уже 0,77. В отличие от высококвалифицированной прыгуньи в длину, спортсменка первого разряда первые два беговых шага выполняет с одинаковым временем и отсюда отношение их временных параметров составляет единицу. Изменение времени выполнения беговых шагов у нее мы наблюдаем только на последней стадии подготовки, однако в конечном итоге темповое отношение работы правой и левой ноги у этой прыгуньи составляет всего лишь 0,89. Таким образом, можно отметить, что конечное построение подготовительной фазы разбега в прыжках в длину связано с выстраиванием как бы предварительной и основной частей подготовки к отталкиванию, позволяющим естественно и свободно подойти к реализации заключительной фазы прыжка.

Функциональную предназначенность различных суставных движений с позиции теории анализа физических упражнений рассмотрим на примере характеристических особенностей изменения суставных углов толчковой ноги в предпоследнем шаге у прыгуньи в длину различной квалификации (таблица 2 и рисунки 1, 2 и 3).

Таблица 2

Величина суставных углов толчковой ноги в различные моменты опоры и полета предпоследнего шага у прыгуньи в длину различной квалификации

Квалификация	Голеностопный сустав			Коленный сустав			Тазобедренный сустав			Наклон туловища		
	МП	МО	МПП	МП	МО	МПП	МП	МО	МПП	МП	МО	МПП
МСМК	113	114	128	142	145	60	142	200	163	2	1	6
МС	130	109	105	143	158	25	147	204	150	9	8	9
1-й разряд	121	108	118	148	140	63	151	196	151	3	3	5

Примечание: МП – момент постановки левой ноги на опору, МО – момент отрыва левой ноги от опоры, МПП – суставные углы левой ноги в момент постановки правой ноги

Основным элементом динамической осанки у всех спортсменок является пространственное положение туловища, оцениваемое углом его наклона относительно опоры. Во всех случаях мы обнаруживаем минимальные, в пределах одного – двух градусов, изменения этого показателя как в период взаимодействия прыгуньи с опорой, так и в полетной фазе. Этот факт свидетельствует о положительной тенденции в освоении локомоторных двигательных действий, поскольку именно положение туловища во много определяет эффективность основных управляющих и корректирующих движений. С этой позиции, в нашем случае, параметры рассматриваемой характеристики у элитной спортсменки и прыгуньи первого разряда более предпочтительны по сравнению с мастером спорта, поскольку обеспечивают меньшую величину горизонтальной составляющей реакции опоры, направленной против движения прыгуньи в длину. У мастера спорта отклонение вертикальной оси

туловища от оптимума явно превышает допустимый размах колебаний, рекомендованный теорией и практикой быстрого бега и создает дополнительные ударные нагрузки на специализируемую систему движений [6].

Полезную информацию предоставляет анализ работы голеностопного сустава в период максимального взаимодействия стопы с опорой. Заметно, что в его работе, с повышением уровня квалификации спортсменок, намечается тенденция к функционированию в режиме динамической осанки. Например, у мастера спорта международной квалификации искомый угол в момент постановки стопы на опору и в момент ее отрыва практически равнозначен, а кривая его изменения фактически представляет собой линию, параллельную оси абсцисс, что свидетельствует о его сохранении во время всего периода опоры (рисунок 1, кадры 1 – 5). Причем в сравнении с прыгуньями более низкой квалификации, угловое положение стопы свидетельствует о более выраженном взятии ее на себя, что способствует созданию предварительного напряжения рабочих мышц голени, осуществляющих определенное замыкание, фиксацию данного элемента рабочей цепи прыгуна.

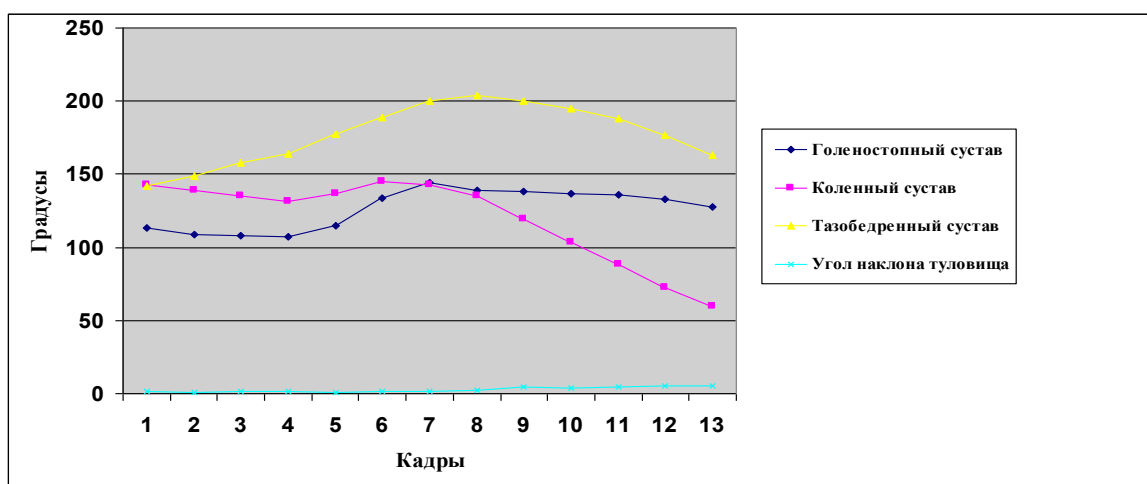


Рис. 1. Величина суставных углов толчковой ноги в различные моменты опоры и полета предпоследнего шага у МСМК

В отличие от МСМК, две остальные прыгуньи осуществляют постановку стопы на опору при более значительном угле голеностопного сустава, что снижает его стабилизационные возможности в целом для всей биодинамической системы и повышает вероятность возникновения неуправляемых реактивных сил в опорной конечности. Кроме этого мы наблюдаем существенную, в пределах 13 – 20 градусов, амортизацию и как следствие – изменение траектории движения общего центра масс тела (рисунок 2, 3, кадры 1 – 5). На данных рисунках четко прослеживается, в отличие от рисунка 1, где явно выделяется опорное плато значений угла данного сустава, опускание рассматриваемого графика на определенную величину градусов с последующим его подъемом до момента отрыва ноги от опоры. Следует заметить, что реальный угол в голеностопном суставе в момент отрыва намного больше и практически составляет у всех прыгуньи 145 – 150 градусов. Однако скоростная съемка позволяет дифференцировать взаимодействие стопы с опорой и выделить в нем несколько элементов: базовый или силовой участок, где наблюдается определенная стабилизация рассматриваемого угла и происходит перемещение центра давления по направлению к пальцам ноги, а также их значительное разгибание и реализация контактного взаимодействия только пальцев стопы с опорой. Заключительная фаза, возвращение подошвенной части стопы в исходное положение, не имеет значительного силового обеспечения мышечными усилиями и реализуется уже после прохождения центром масс спортсмена площади опоры, причем на достаточно далеком его удалении от рабочей точки. Соотношение времени удержания рабочего угла в голеностопном суставе ко времени активного разгибания пальцев стопы составляет 4 к 1, то есть примерно 0,08с прыгунья активно перекатывается через фиксированный голеностопный сустав и в течение 0,02 происходит предполагаемое доталкивание за счет возвращения стопы в естественное положение.

Нечто похожее на выявленную картину работы голеностопного сустава у спортсменок различной квалификации мы обнаруживаем и в функционировании коленного сустава левой (толчковой) опорной ноги. У высококвалифицированной спортсменки кривая изменения угла в период опоры выглядит как плавная волна, максимумы которой практически равны по величине. Опускание линии графика с отметки 145 до 131 градуса, то есть сгибание ноги в коленном суставе, происходит у нее в течение примерно 0,07с, а разгибание – 0,035с (рисунок 1). Естественное сгибание ноги в коленном суставе в

данный период позволяет сгладить и уменьшить отрицательные горизонтальные составляющие опорной реакции и направить движение общего центра масс тела под оптимальным углом.

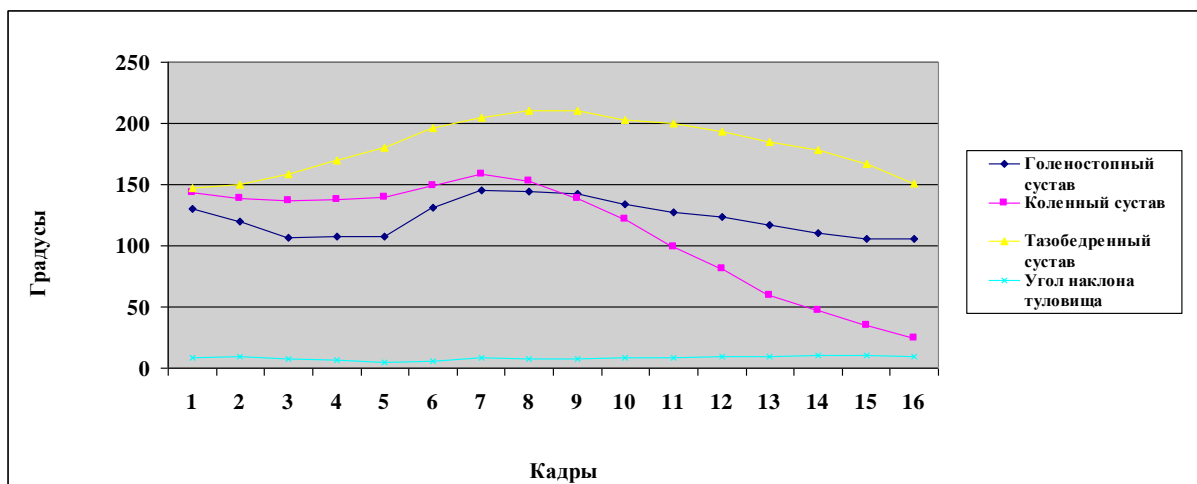


Рис. 2. Величина суставных углов толчковой ноги в различные моменты опоры и полета предпоследнего шага у мастера спорта

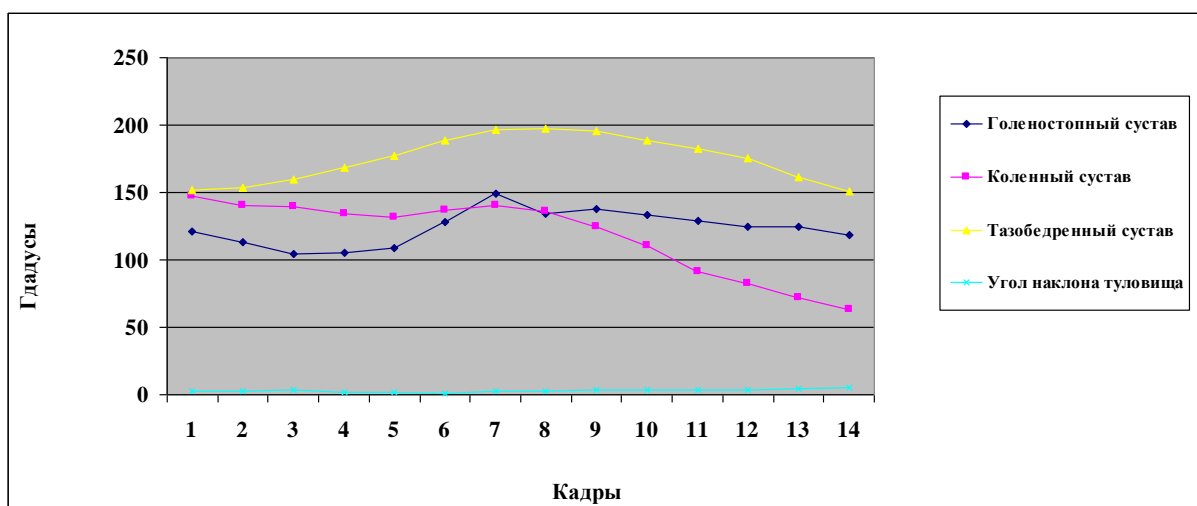


Рис. 3. Величина суставных углов толчковой ноги в различные моменты опоры и полета предпоследнего шага у спортсменки первого разряда

У квалифицированной прыгуньи в длину фаза амортизации в коленном суставе выражена значительно слабее. Достижение максимума ее сгибания происходит в течение, примерно, 0,016с, далее величина этой амортизации удерживается на протяжении 0,050с, а затем за 0,040с угол увеличивается практически на 20 градусов. На наш взгляд, реализация подобной динамики сгибания и разгибания коленного сустава опорной ноги приводит к явному увеличению вертикальных колебаний общего центра масс тела и как следствие к некоторым потерям скорости. Стабилизация величины угла в коленном суставе до момента прохождения ОЦМТ вертикали вызывает его подъем за счет жестко фиксированной кинематической цепи, поскольку последний получает принудительное вращательно-поступательное движение вокруг рабочей точки опоры. Далее подъем ОЦМТ дополнительно увеличивается впоследствии активного разгибания рассматриваемого участка рабочей цепи.

Динамика угловых характеристик рассматриваемого объекта у наименее квалифицированной спортсменки косвенно демонстрирует недостаток энергетического обеспечения двигательной координации, реализующей сгибательно-разгибательную функцию коленного сустава. В данном случае мы наблюдаем не упругие взаимосвязанные резонансные движения бедра и голени, а достаточно значительные потери угловых параметров относительно их постановочной величины. По сравнению с моментом постановки, сход с опоры у спортсменки первого разряда характеризуется дефицитом угловой величины в восемь градусов, что в совокупности с дальнейшими действиями прыгуньи свидетельствует об избрании силового способа решения двигательной задачи отталкивания. На это указывает

неосознанное желание прыгуньи искусственно понизить общий центр масс тела, приблизить его к опоре, а затем за счет разгибания толчковой ноги увеличить траекторию ее активного силового воздействия.

Наибольшие угловые изменения в период опорной фазы рассматриваемого шага мы наблюдаем в движениях тазобедренного сустава прыгуньи в длину. Отсюда, согласно постулатам теории анализа и синтеза физических упражнений, данная составляющая двигательного действия является главным управляющим движением, в максимальной степени ответственным за решение основной двигательной задачи [6]. Заметно, что квалификационные особенности прыгуньи существенно связаны с параметрами амплитуды разгибания ноги в тазобедренном суставе. Максимальное ее значение мы обнаруживаем у высококвалифицированной спортсменки – 58 градусов, а минимальное у спортсменки первого разряда – 45 градусов (рисунок 1, 3). Таким образом, дефицит размаха ее движения в тазобедренном суставе составляет около 22% по сравнению модельным и негативно влияет на построение всего цикла двигательного действия в целом. На наш взгляд, основные потери качества здесь состоят в том, что спортсменка низшего звена в меньшей степени использует в формировании соревновательного навыка энергию упругой деформации мышц, возникающую при их рациональном растяжении. Необходимо заметить, что физический способ создания дополнительного силового источника двигательного действия способен значительно повысить коэффициент использования всего потенциала моторной системы спортсмена. Следует также отметить, что вышеуказанный вариант силового наполнения движения позволяет значительно повысить мощность специфического движения, поскольку упругие свойства мышц позволяют проявлять большее усилие за лимитированный промежуток времени опорного периода.

Заключение. В качестве объективной модели вариационного ряда относительных показателей времени выполнения последних четырех шагов предлагается следующая формула: 100 – 75 – 81 – 50%. Реальные темповые значения рассматриваемой фазы разбега в прыжках в длину могут составлять следующий ряд параметров: – 3,9 – 4,8 – 4,6 – 6,3 шагов в секунду. Причем заметна преднастроенная модель третьего шага, формирующая ускоренную постановку толчковой ноги на опору.

Исследование функциональной предназначенности различных суставных движений прыгуньи в длину на последних шагах разбега с позиции теории анализа физических упражнений показывает, что ярко выраженным элементом динамической осанки является пространственное положение туловища, оцениваемое углом наклона его вертикальной оси относительно опоры. Основным движителем или главным управляющим движением следует признать работу тазобедренного сустава, поскольку здесь обнаружены самые значительные угловые изменения в пространственном положении составляющих его двигательных звеньев. Размах движений от момента постановки опорной ноги на дорожку до момента ее отрыва составляет у прыгуньи от 45 до 58 градусов. Амплитуда движений в голеностопном и коленном суставах намного меньше и с повышением спортивного мастерства прыгуньи даже наблюдается тенденция к стабилизации работы данных сочленений, то есть к переходу в режим динамической осанки.

Использованные источники

1. Попов, В. Б. Прыжок в длину: многолетняя подготовка / В. Б. Попов. – М.: Терра спорт. – 2001. – 187 с.
2. Мироненко, И. Н. Эволюция двигательных действий в прыжковых локомоциях человека / И. Н. Мироненко // Современный взгляд на подготовку легкоатлетов: материалы международной конференции. – М., 2006. – С. 127-147.
3. Кардовский, В.Д. Обучая прыжкам в длину / В.Д. Кардовский // Физическая культура в школе. – 1992. – №7. – С. 13 – 15.
4. Левченко, А.В. Мечтая о дальних прыжках / А.В. Левченко // Легкая атлетика. – 1999. – № 11. – С. 18.
5. Монастырев, С.И. Формирование ритмо-темповой структуры разбега у юных прыгунов в длину: Автореф. дисс. ... канд.пед.наук / С.И. Монастырев. – М., 1986. – 26 с.
6. Биомеханика: учебник для студентов специальности "Спорт.-пед. деятельность" / под редакцией Н.Б. Сотского. – Мн.: БГУФК, 2005. – 192 с.

Pozyubanov E.P., Sotsky N.B., Makas M.M., Kostenko I.A.

BIOMECHANICAL PECULIARITIES OF FORMING PREPARATORY-FOR-PUSH-OFF STEPS OF THE RUN-UP BY LONG JUMPERS OF DIFFERENT QUALIFICATIONS

The article considers some biomechanical aspects of the qualitative reconstruction of long jumpers movements making up the transition from the run-up to the push-off phase. The authors show the rational way of developing its tempo-rhythmical structure and the interaction of dynamic carriage elements with guiding movements.

Key words: *biomechanical analysis, long jump, tempo-rhythmical structure, dynamic carriage, guiding movements.*

Стаття надійшла до редакції 18.09.2013 р.