

УДК 796. 433.2

Фариборз Мохаммадипур, Сасан Надери

МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИИ ФИНАЛЬНОГО РАЗГОНА В МЕТАНИИ КОПЬЯ

В статье, на основании исследования процесса разгибания упругого элемента, детерминированного различными внешними ограничителями, рассмотрены некоторые общие свойства перемещающих движений с разгоном спортивного снаряда. На основании системного рассмотрения особенностей взаимодействия основных элементов механической модели в различных условиях ее функционирования выдвинуты теоретические и практические предложения по совершенствованию технологии подготовки метателей копья.

Ключевые слова: биомеханический анализ, метание копья, финальный разгон, моделирование, механическая модель, биомеханизм.

Постановка проблемы. Анализ последних исследований и публикаций. Степень решения любой двигательной задачи во многом определяется системно-структурными свойствами того специализированного комплекса биомеханизмов, посредством которого намечается достижение запланированного спортивного результата [1]. Конструкция соревновательного упражнения в процессе своего эволюционного развития проходит ряд закономерных стадий превращения из относительно элементарного двигательного действия в "целесообразный, устойчивый способ связи акцентированных моментов активной и реактивной динамики в системе движений, превращающий последнюю в целостный и функционально конкретно специализированный рабочий механизм способа решения двигательной задачи" [2, с. 19]. Следует, однако, признать, что и в настоящее время устройство многих видов соревновательных упражнений трактуется достаточно формально. Во многих случаях в должной мере не выработаны качественные и количественные критерии, определяющие степень приближения реального движения к некоторой совокупности благоприятствующих биомеханических условий, способствующих максимальной реализации специализированного психомоторного потенциала спортсмена. Особенно это касается быстропротекающих двигательных форм со сложной структурой взаимодействия составляющих их элементов, к которым относятся все виды бросковых движений и в частности метание копья [3]. Поскольку рассматриваемое двигательное действие является составной частью многих видов спорта (теннис, гандбол, бейсбол, волейбол и т.д.), исследование реальных отношений между подсистемами его движений и их элементами, установление основных принципов и закономерностей развития и построения данной формы двигательной активности вызывает значительный интерес у многих специалистов [4, 5, 6].

В этой связи существует объективная необходимость продолжения исследований по данному вопросу, поскольку уточнение структуры рассматриваемого двигательного приема позволит значительно повысить информационную значимость методических формул, применяемых при обучении и совершенствовании рассматриваемого баллистического движения.

Задачи и методы исследования. Целью настоящего исследования явилось изучение структуры финального разгона в метании копья посредством моделирования отдельных элементов броскового движения с помощью упругого элемента.

Моделирование механики броскового движения проводилось на специальном устройстве, обеспечивающем закрепление нижнего конца упругого элемента (длина 0,29 м) и его торможение практически на любом участке его длины и амплитуды движения (рис. 1). Последнее осуществлялось с помощью двух вертикальных направляющих и горизонтальной перекладины, устанавливаемой, в зависимости от требований эксперимента, на необходимой высоте и под нужным углом наклона.

Фиксация изгиба упругого элемента (положение "натянутого лука") осуществлялась с помощью нити установленной длины (степень отклонения по хорде составляла 0,27 м) и запорного механизма, исключавшего влияние экспериментатора на разворачивание процесса разгибания упругой пластины. Видеосъемка проводилась фотокамерой "CasioEX-F1", позволявшей производить фиксацию данного процесса со скоростью 600 кадров в секунду. Обработка полученных данных производилась с помощью программного обеспечения AdobePhotoshop и MSOfficeExcel. Исследовалась динамика скорости верхней точки упругого элемента (верхний маркер), так как данная характеристика является важнейшим фактором, определяющим результат в метаниях [3].

Результаты исследования и их обсуждение. Следует отметить, что в настоящей работе рассмотрены не все варианты модели движения, изображенные на рис. 1. Особый интерес вызвали лишь те взаимодействия упругого стержня и ограничителя движения, которые продемонстрировали качественные различия в пространственно-временной организации перемещения избранного нами объекта наблюдения.

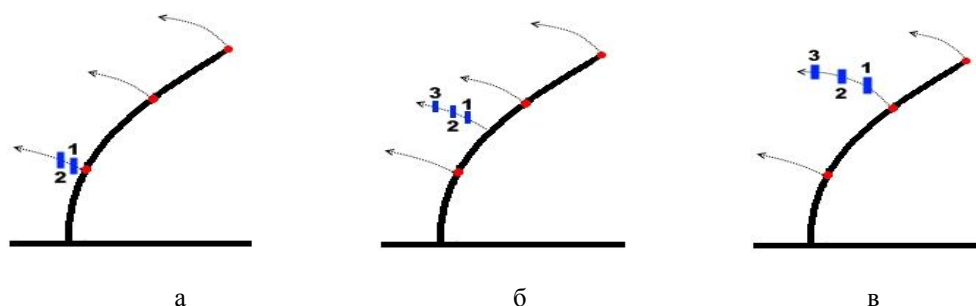


Рис. 1. Расположение упора, ограничивающего движение в 1/3 (а), 1/2 (б) и 2/3 (в) части упругой пластины

Примечания: а) 1 – 0,02 м от исходного положения "натянутого лука", 2 – 0,04 м от исходного положения "натянутого лука"; б) 1 – 0,04 м от исходного положения "натянутого лука", 2 – 0,06 м от исходного положения "натянутого лука", 3 – 0,08 м от исходного положения "натянутого лука"; в) 1 – 0,06 м от исходного положения "натянутого лука"; 2 – 0,1 м от исходного положения "натянутого лука"; 3 – 0,12 м от исходного положения "натянутого лука"

На рис. 2 представлен график скорости верхней точки упругого элемента, используемого в настоящем исследовании, в условиях его свободного разгибания. Ранее было отмечено, что данный процесс характеризуется своеобразной структурой взаимодействия нижней, средней и верхней частей упругой пластины, которая определенным образом отражается на динамике скорости конечного маркера [7]. Совокупность внешних и внутренних факторов, обеспечивших реализацию рассматриваемого двигательного действия, позволила развить конечной точке рабочего элемента максимальную скорость, равную 3,90 м/с. Таким образом, полученную величину можно принять за отправную точку при сравнении рассматриваемой характеристики движений, реализованных в различных внешних условиях.



Рис. 2. Динамика скорости верхней точки упругого элемента при свободном разгибании

Примечание: один временной интервал на оси x равен 0,0033 с

Анализ показывает, что введение в модель дополнительных условий в виде быстрой остановки различных частей упругого элемента в целом не изменило общую картину графиков скорости его верхней точки. При всех вариантах расположения ограничителя движения пластины наблюдается двухпиковая динамика развертывания процесса, характеризующаяся, естественно, индивидуальными особенностями временных и пространственно-временных характеристик.

Графические результаты первого эксперимента, в котором ограничитель движения располагался на расстоянии 0,02 м от нижнего маркера, представлены на рис. 3. Контакт упругого элемента с горизонтальной перекладной, то есть быстрое торможение его рабочей точки на уровне 1/3 длины стержня, произошел спустя 0,033 с от начала его разгибания. Данное событие наблюдалось в фазе нарастания скорости верхнего края рабочего стержня, которая в момент контакта составила 69,50% от максимальной. Заметно, что ударное соприкосновение взаимодействующих тел вызвало некоторое снижение скорости верхнего маркера, но затем, в последующие 0,0066 с произошел значительный прирост скорости его пространственного перемещения до 5,05 м/с. Сопоставляя эти данные с эталонным графиком (рис. 2.) мы видим, что при свободном разгибании упругого стержня максимальная скорость контрольного маркера составила всего лишь 3,90 м/с, что на 29,48% меньше результата первого эксперимента.



Рис. 3. Динамика скорости верхней точки упругого элемента при амплитуде движения нижнего маркера 0,02 м до точки торможения

Примечание: один временной интервал на оси x равен 0,0033 с

Следует также отметить, что в условиях организации искусственного торможения нижней части модельного элемента, достижение максимума пространственно-временного показателя произошло на 0,0033 позже, чем при свободном движении. Последнее, скорее всего, объясняется переходными процессами, связанными с упругостью используемого стержня.

Второй вариант торможения упругого элемента предполагал установку ограничителя движения на уровне 1/2 длины рабочей пластины на расстоянии 0,04 м от ее исходного положения (рис. 1, б).



Рис. 4. Динамика скорости верхней точки упругого элемента при амплитуде движения середины стержня 0,04 м до точки торможения.

Примечание: один временной интервал на оси x равен 0,0033 с

Как и в первом опыте, остановка упругого элемента накладывалась на фазу увеличения скорости движения его верхнего края и также произошла спустя, примерно, 0,033 с момента начала его разгибания. Однако в этих условиях мы наблюдаем менее значимый, по сравнению с первым вариантом, прирост максимальной скорости движения верхнего маркера, который составил всего лишь 16,66% (рис. 4). Подобное развитие событий свидетельствует, что структурная организация упругого элемента в данных реалиях еще сохраняет способность к передаче количества движения на верхние звенья, хотя и в меньшей степени.

Серьезное подтверждение данному выводу мы находим в результатах следующего опыта, в котором упор в исходном положении располагался на расстоянии 0,06 м от середины модельного стержня. В рассматриваемом случае контактное взаимодействие пластины и упора произошло в фазе некоторого снижения скорости верхнего маркера (рис. 5), которая в данный момент уже на 11,54% ниже ее реального максимума. Однако и в данных условиях обнаруживается положительное влияние быстрого торможения срединного звена на скорость движения верхнего края пластины, поскольку вслед за этим событием наблюдается определенное увеличение исследуемой характеристики движения упругого элемента.

Заключительный опыт характеризовался фиксацией движения пластины на уровне ее 2/3 (второй маркер) и амплитудой разгона до момента торможения равной 0,1 м. Как и в большинстве предыдущих случаев контактное взаимодействие происходило в фазе разгона упругого элемента. Скорость верхнего маркера в данный момент времени составляла 3,72 м/с. Анализ развития последующих событий

свидетельствует, что в данном случае соударения мы не обнаруживаем никакого увеличения скорости движения верхнего маркера.



Рис. 5. Динамика скорости верхней точки упругого элемента при амплитуде движения середины стержня 0,06 м до точки торможения

Примечание: один временной интервал на оси x равен 0,0033 с

Остановка разгибания упругого элемента на уровне его $2/3$ длины приводит к резкому снижению скорости верхнего края упругого элемента, которая за 0,0099 с достигает нулевого уровня (рис. 6). С физической точки зрения подобное явление скорее всего объясняется тем обстоятельством, что верхний элемент модельного стержня в данный момент представляет собой практически абсолютно жесткий тип механической цепи, не способной в рассматриваемых условиях изменять свою геометрическую форму и за счет этого накапливать в своих структурах энергию их упругой деформации.



Рис. 6. Динамика скорости верхней точки упругого элемента при амплитуде движения второго маркера стержня 0,01 м до точки торможения

Примечание: один временной интервал на оси x равен 0,0033 с

Заключение. Механическое моделирование фазы финального разгона в метании копья, реализованное посредством последовательно-параллельной работы упругого элемента и целенаправленно организованных тормозных воздействий, позволяет сделать ряд выводов относительно качественного развития системно-структурных свойств рассматриваемого перемещающего действия. 1. Только очень жесткая фиксация опорных контактов метателя способствует организации рациональной волнообразной передаче механического импульса с нижних звеньев биокинематической цепи на ее вышележащие звенья. В методическом аспекте чрезвычайно важно сформировать у метателя навык очень быстрой фиксации голеностопного и коленного суставов левой ноги (метание правой рукой), посредством которой происходит торможение левого тазобедренного сустава. 2. Следует иметь в виду, что целесообразная упругость биокинематической цепи, реализующей финальный разгон, формируется посредством рациональной системы торможений рабочих точек двигательных звеньев. В наиболее общем виде это можно представить как системное, снизу вверх выстраивание элементов динамической осанки, позволяющее реализовать на каждом последующем уровне качественное управляющее движение [7]. В этом плане следует внести определенные коррективы в структуру специальной силовой подготовки метателей, так как качество функционирования элементов динамической осанки во многом

определяется уровнем работы специфических мышечных групп в уступающем режиме работы. Для контроля за качеством подобной системы должны быть выработаны специальные критерии, определяющие должную ритмику ее формирования и опосредованно – ее квазиупругость. 3. Результаты моделирования остановки конечного звена упругого элемента свидетельствуют, что, вероятно, существуют определенные границы, в которых достаточно эффективно функционирует механизм передачи количества движения с нижних звеньев на верхние. С какого-то момента происходит переключение на иной биомеханизм разгона снаряда, где определяющим условием достижения его максимальной скорости, как нам представляется, является перемещение снаряда по наибольшему радиусу дуги разгона.

Использованные источники

1. Селуянов, В.Н. Биомеханизм как основа развития теоретической биомеханики двигательной деятельности человека: учеб. пособие для студентов и слушателей РГАФК / Селуянов В.Н., Аиед Б.; РГАФК. М., 1997. – 82 с.
2. Верхошанский, Ю.В. Основы специальной физической подготовки спортсменов / Ю.В.Верхошанский. – М.: Физкультура и спорт. – 1988. – 331 с.
3. Мехрикадзе, В.В. Метание копья: пособие / В.В. Мехрикадзе, Э.П. Позюбанов, Б.В. Ермолаев. – Минск: БГУФК, 2010. – 32с.
4. Зайцева, Л.С. Биомеханические основы строения ударных действий и оптимизация технологии обучения: (на примере тенниса): автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.04 / РГУФК / Л.С. Зайцева. – М., 2000. – 54 с.
5. Котов, Ю.Н. Контроль эффективности техники броска в прыжке гандболисток разной квалификации: автореф. дис. ... канд. пед. наук / Ю.Н. Котов. – М., 2009. – 24 с.
6. Юзвенко, Г.В. Структура перемещающих действий и оценка их эффективности (На примере софтбола): автореф. дис. ... канд. пед. наук / Г.В.Юзвенко, – М., 2010. – 22с.
7. Позюбанов, Э.П. Моделирование броскового движения в метании копья / Э.П. Позюбанов, Р.П.Синиченко, Н.Б.Сотский // Здоровье для всех: материалы второй междунар. науч.-практ. конф., Пинск, 20 – 22 мая 2010 г. / УО "Полесский гос. ун-т"; редкол.: К.К. Шебеко [и др.]. – Пинск: ПолесГУ, 2010. – С. 154 – 159.

Fariborz Mokhammadipur, Sosan Naderi

MECHANICAL MODEL OF THE FINAL EFFORT ORGANIZATION IN JAVELIN THROW

On the basis of a system and structural approach a qualitative analysis of one of the types of relocation motions with a final effort applied to a sports projectile is carried out in the article. A system consideration of interaction features of the main biokinematic links of the analyzed motor action allowed putting forward an assumption on an increase in number of biomechanisms forming a relocation motion of a projectile in javelin throw. A mechanical modeling of the phase of the final effort in javelin throw realized by means of series-parallel operation of the elastic element and purposefully organized brake effects allows to draw a number of conclusions concerning a high-quality development of system and structural properties of the considered moving action. Firstly, only very rigid fixing of supporting contacts of the thrower favors organization of a rational wavy transfer of a mechanical impulse from the lower links of the biokinematic chain on its overlying links. In the methodological aspect it is extremely important to create in a thrower a skill of a very fast fixing of the ankle and knee joints of the left leg (a right hand throwing) by means of which a braking of the left hip joint occurs. Secondly, it should be kept in mind that appropriate elasticity of the biokinematic chain realizing the final effort is formed by means of an efficient system of braking of operating points of motor links. In the most general form it can be presented as a system construction from below to upwards of the elements of a dynamic posture allowing, in each subsequent level, realize a high-quality controlling motion. In this connection it is necessary to introduce certain corrections in the structure of special power training of throwers as far as the quality of functioning of the elements of the dynamic posture in many respects is defined by the level of work of specific muscular groups in the conceding operating mode. For the purpose of qualitative control of such system special criteria defining a proper rhythmic of its formation, and indirectly – its quasielasticity, have to be elaborated.

Key words: *biomechanical analysis, javelin throw, final effort, biomechanism.*

Стаття надійшла до редакції 0809.2016