

ГО Вэнь Сюэ

ПОЗЮБАНОВ Эдуард Петрович, канд. пед. наук, доцент

*Белорусский государственный университет физической культуры,
Минск, Республика Беларусь***ПОСТРОЕНИЯ ДВУХОПОРНОЙ ФАЗЫ ФИНАЛЬНОГО РАЗГОНА
МЕТАТЕЛЯМИ КОПЬЯ РАЗЛИЧНОЙ КВАЛИФИКАЦИИ**

В статье рассмотрены кинематические особенности построения базовой биомеханической цепи двигательной конструкции финального разгона в метании копья в исполнении элитных и начинающих спортсменов. Основное внимание в исследовании было сконцентрировано на формировании и взаимодействии суставных движений, определяющих целевое содержание подобных перемещающих движений с разгоном спортивного снаряда. Сопоставление конструктивных свойств специализированных двигательных проявлений всегда актуальны для специалистов, занимающихся как практическими, так и теоретическими вопросами построения рассматриваемого класса движений. Их аналитическое рассмотрение представляет возможность для повышения эффективности процесса обучения и совершенствования подобных двигательных действий.

Ключевые слова: метание копья; финальный разгон; кинематические механизмы и характеристики; разгон и торможение; элитные и юные спортсмены; суставные движения; одноопорная и двухопорная фазы.

**CONSTRUCTING DOUBLE-SUPPORT PHASE OF FINAL ACCELERATION
BY JAVELIN THROWERS OF DIFFERENT QUALIFICATIONS**

The article deals with kinematic features of construction of motor structure basic biomechanical chain of final acceleration in javelin throwing performed by elite and novice athletes. The main focus of the study was on the formation and interaction of joint movements, which determine the target content of such transferring movements with the acceleration of a sports apparatus. The comparison of the structural properties of specialized motor manifestations is always relevant for specialists involved in both practical and theoretical issues of building the class of movements under consideration. Their analytical consideration represents an opportunity to improve the effectiveness of the training process and the discussed motor actions.

Keywords: javelin throwing; final acceleration; kinematic mechanisms and characteristics; acceleration and braking; elite and young athletes; joint movements; single-support and double-support phases.

Введение. Финальный разгон [1] или по другой классификации финальное усилие [2] в легкоатлетических метаниях является ключевым двигательным действием, в заданной степени влияющий как на величину начальной скорости, так и оптимального угла вылета снаряда. В зависимости от способа сообщения скорости снаряду в предварительной и основной частях соревновательного упражнения, значимость системы движений заключительной двигательной координации может значительно изменяться, достигая своего максимума в метании копья и толкании ядра и минимизируя свое влияние в метании молота. В первом случае механическая оценка технических действий

финального разгона в сообщении снаряду начальной скорости у квалифицированных метателей составляет примерно 80–85 %, а во втором от 5 до 15 % [1]. В связи с этим качество построения всех элементов биомеханической системы заключительного двигательного акта, особенно в метании копья, играет исключительно важную роль в обеспечении соревновательной результативности спортсмена [3].

Необходимо отметить весьма важную кинематическую особенность реализации финального разгона в спортивных метаниях, которая заключается в весьма жестких условиях его временной реализации. Во всех видах данных спортивных упражнений максимальная продолжительность

наиболее активной фазы финального разгона не превышает у высококвалифицированных метателей 250 мс, а в метании копья этот параметр составляет всего лишь 110–130 мс. Природа подобного характера построения специализированного двигательного действия определяется биологическими свойствами сухожильно-мышечного комплекса метателей, способного именно в этих границах создавать достаточно высокие, а главное очень быстрые мышечные усилия посредством использования всех видов специализированного силового поля [4, 5]. Строгая временная ограниченность наиболее ценных двигательных проявлений спортсмена не позволяет ему вносить текущие коррективы в этот процесс и вынуждает заблаговременно создавать необходимую программу решения двигательной задачи подобного рода [6]. Со стороны тренера качество ее исполнения контролируется в основном визуальным восприятием кинематических показателей реализации соревновательного упражнения, в определенной степени раскрывающих и биодинамику его построения. В связи с этим целенаправленное исследование кинематической стороны формирования интересующего нас объекта исследования, а именно двухпорной фазы финального разгона в исполнении высококвалифицированных метателей копья, является в настоящее время особенно актуальным. В наиболее полном объеме должная информация о характере и качестве технических действий метателя копья может быть получена посредством восприятия особенностей работы биомеханической цепи впереди стоящей ноги и туловища в финальном разгоне метания копья [7, 8]. Это аргументируется ее высокой функциональной значимостью в процессе формирования базовых механизмов, определяющих структурный состав заключительного действия [9]. С целью отслеживания динамики построения оптимальной кинематической системы,

свойственной элитным метателям копья, аналогичные показатели снимались с соревновательного упражнения в исполнении юных спортсменов 14–15 лет, в достаточной мере освоивших специализированный двигательный навык, результативность которого квалифицировалась в пределах II–III разрядов. Сопоставительная информация подобного рода весьма актуальна как для разработки эффективных приемов построения двухпорной фазы финального разгона, так и для процесса моторного обеспечения подобного класса бросковых координаций.

Методика исследования. Экспериментальный аспект работы базировался на использовании скоростной видеосъемки с частотой 250 кадров в секунду и обработке полученных данных с помощью компьютерной программы «Киновеа». В группе элитных метателей было проанализировано 52 видеоклипа соревновательных попыток, результативность которых варьировала в пределах 80–87 м, а в группе юных спортсменов – 69 технических попыток, результаты которых по спортивной классификации укладывались в границы II–III разрядов. Предметом исследования явился кинематический аспект организации передачи импульса силы с нижних двигательных звеньев на верхние, опосредованный через динамику движений в суставах впереди стоящей (чаще всего левой) ноги и туловища. Характер суставных изменений изучался с момента постановки ноги на опору и до выпуска снаряда. В обоих случаях рассматривались семь позиций биомеханической цепи, временной шаг которых у элитных метателей составлял 20 мс, а у юных метателей – 30 мс, что позволяло качественно определить минимальные пространственные изменения суставных движений в квалификационных группах.

Основная часть. Даже визуальное восприятие процесса реализации броскового действия в метании копья, особенно

в исполнении спортсменов высокого класса и отмеченного достижением высокого спортивного результата, позволяет выделить в нем активную работу левой ноги по организации противодействия перемещению метателя в направлении выпуска снаряда. С точки зрения формальных биомеханических требований к ее должному функционированию в двухопорной фазе, оптимальным вариантом следует считать удержание начального угла постановки левой ноги на опору. Подобное расположение продольной оси впереди стоящей конечности в наибольшей мере создает условия для организации качественного силового поля, формирующего элементы динамической осанки в рассматриваемой биомеханической цепи [10, 11]. С этой позиции изучались и анализировались реальные кинематические параметры, отражающие как целостный характер перемещения конечности высококвалифицированных и юных метателей копья относительно дорожки, так и ее суставных изменений в процессе заключительной фазы финального разгона (таблица).

Целенаправленный характер функционирования левой конечности рассматривался на основе углового перемещения ее продольной оси от момента постановки на опору до момента выпуска снаряда. Выявлено, что ни в одном из бросков высококвалифицированных спортсменов параметры этого показателя в момент выпуска не соответствуют позиции первоначального контакта. Среднее угловое перемещение продольной оси относительно точки опоры составило порядка 17° (таблица). Следует, однако, отметить, что в отдельных высокорезультативных попытках эта величина снижалась до 10–11 единиц. Изменение параметров взаиморасположения биомеханической цепи и опоры в рассматриваемой квалификационной группе в целом характеризуется их равномерным увеличением от момента постановки ноги на опору и до выпуска снаряда. Также

обращает на себя внимание высокий уровень стандартности начального угла постановки левой конечности на опору, в целом зависящий от множества разнообразных внешних и внутренних факторов. Тем не менее, в группе элитных метателей копья наблюдается весьма низкая вариативность данного углового параметра, коэффициент которой составляет всего лишь 4,4 %. Подобный характер выстраивания первоначального контакта аргументируется, на наш взгляд, биомеханической целесообразностью его конструкции, позволяющей в наибольшей степени утилизировать как внешние, так и внутренние силы, определяющие формирование необходимых двигательных координаций.

Характер изменения аналогичного показателя юных метателей копья в целом соответствует его динамике у высококвалифицированных спортсменов. У них также наблюдается практически равномерная позиционная прибавка его величины, составляющая порядка 2° . Однако принципиальное отличие, с точки зрения биомеханических условий организации элементов динамической осанки, обнаруживается в угловой величине начального контакта кинематической цепи левой ноги с опорой, которая на 7° превосходит соответствующий параметр элитной группы (таблица). Это значительно снижает ее конструкционные возможности по формированию специализированного силового поля, а также отражается и на ее дальнейшем функционировании. Конечная же позиция обеих групп оценивается примерно равным показателем, составляющими порядка 60° , что, возможно, отражает биомеханическую целесообразность данной конструкции для эффективного построения заключительного момента финальной фазы разгона.

Рациональность построения кинематической структуры опорной ноги во многом определяется работой сухожильно-мышечного комплекса голеностопного

Таблица – Динамика угловых показателей левой ноги и туловища высококвалифицированных метателей копья в процессе реализации двухопорной фазы финального разгона

Статические характеристики	Промежуточные позиции финального разгона, мс						
	МП*	20, 30*	40, 60	60, 90	80, 120	100, 150	МВ*
Угол П, X° <small>ср. (n=52)</small>	42,86	44,66	46,76	50,07	53,38	55,83	59,90
σ°	1,88	1,95	2,80	3,14	3,17	4,23	5,48
КВ, %	4,40	4,37	5,99	6,27	5,93	7,57	9,15
Угол П, X° <small>ср. (n=69)</small>	49,9	52,3	54,5	56,7	58,7	60,6	62,5
σ°	5,2	6,2	6,8	7,5	7,8	8,5	9,0
КВ, %	10,35	11,81	12,54	13,30	13,29	14,01	14,41
Угол ГС, X° <small>ср. (n=52)</small>	110,07	134,50	138,07	130,11	124,93	123,50	122,00
σ°	8,07	11,26	6,18	6,55	6,14	7,41	8,96
КВ, %	7,33	8,37	4,48	5,03	4,91	6,00	7,34
Угол ГС, X° <small>ср. (n=69)</small>	131,6	123,2	118,8	117,1	118,1	120,6	123,5
σ°	9,5	10,1	10,2	10,6	10,9	11,0	12,4
КВ, %	7,20	8,17	8,62	9,01	9,25	9,14	10,04
Угол КС, X° <small>ср. (n=52)</small>	167,00	170,03	164,31	154,76	153,38	154,00	157,66
σ°	8,73	6,92	7,33	7,11	11,10	11,67	15,05
КВ, %	5,23	4,07	4,46	4,59	7,24	7,58	9,55
Угол КС, X° <small>ср. (n=69)</small>	154,9	143,2	135,9	135,3	138,6	142,8	148,4
σ°	9,6	10,8	9,8	9,9	12,4	15,2	17,9
КВ, %	6,17	7,55	7,19	7,30	8,95	10,67	12,03
Угол ТС, X° <small>ср. (n=52)</small>	88,45	81,59	74,14	67,45	60,83	59,34	58,07
σ°	11,55	9,02	8,08	8,52	8,25	12,25	15,57
КВ, %	13,06	11,05	10,90	12,63	13,56	20,64	26,81
Угол ТС, X° <small>ср. (n=69)</small>	115,7	104,6	93,3	86,5	82,6	80,2	79,2
σ°	15,6	18,2	15,6	14,3	12,5	11,9	12,8
КВ, %	13,51	17,43	16,76	16,54	15,19	14,89	16,18

Примечания:

1. Угол: П – постановки, ГС – голеностопного сустава, КС – коленного сустава, ТБ – тазобедренного сустава левой ноги.
2. МП* – момент постановки ноги на опору, МВ* – момент выпуска снаряда.
3. 30* – временной интервал юных метателей копья.
4. **Полужирный шрифт** – показатели юных метателей копья.

сустава, играющего важнейшую роль в формировании полноценной связи спортсмена с опорой. Его конструктивная значимость состоит в быстрой фиксации угла в момент образования полноценной связи стопы с опорой, формирующей основу для последующего процесса торможения вышерасположенных двигательных звеньев. И с этой точки зрения его эффективное замыкание, то есть формирование элемента динамической осанки, является одной из важнейших задач метателей копья в данный момент [8]. У элитной группы метателей копья продолжительность

организации полноценного контакта левой стопы с опорой составляет в среднем около 24±2 мс, организуемое посредством ее быстрого подошвенного сгибания со скоростью порядка 1000 град/с. Вся последующая работа голеностопного сустава левой ноги сконцентрирована на удержании исходного положения, ограничении его угловых изменений, достигающих к моменту выпуска около 16° (таблица). Этот процесс характеризуется невысоким коэффициентом вариативности промежуточных величин пространственного расположения звеньев голеностопного

сустава, максимальный размах которого составляет всего лишь около 4 %. Данное обстоятельство дополнительно аргументирует однозначность решения частной двигательной задачи, реализуемой голеностопным суставом в течение броскового действия.

У юных спортсменов характер построения первичного контакта стопы с опорой принципиально отличается от представителей элитной группы. Последние за счет работы мышц разгибателей стопы производят перед касанием опоры значительный подъем тыла стопы вверх, что способствует превращению биомеханической цепи левой ноги в единый рычаг и повышению активности дальнейшей работы мышечно-сухожильного комплекса рассматриваемого сочленения. В его работе у начинающих метателей более выражена плантарная флексия, реализуемая посредством нерационального включения в работу задней большеберцовой и трехглавой мышц голени (таблица). Негативные последствия подобной подготовки проявляются в дальнейшем в значительном уменьшении суставного угла между стопой и голенью, что существенно снижает требуемое качество построения в нем элемента динамической осанки.

Изменение конфигурации коленного сустава в процессе построения двухопорной фазы у элитных спортсменов носит более сложный характер (таблица). Замыкание в нижерасположенном сочленении происходит посредством контакта конечного звена с неподвижной опорой, а в коленном суставе дистальный конец бедра контактирует с опорой, устойчивость которой уже во многом определяется уровнем интегральной подготовленности метателя [12]. Следует отметить высокий уровень эффективности построения подобной опоры в рассматриваемой группе метателей, поскольку в течение первых 20 мс им даже удается несколько увеличить угол коленного сустава, что в совокупности создает

полноценные условия для качественного торможения вышерасположенных сегментов тела. Но их быстрое торможение в дальнейшем приводит к возникновению значительных инерционных сил, под влиянием которых наблюдается примерно около 40 мс, определенное сгибание коленного сустава, составляющее порядка 16° . Примерно столько же времени занимает фиксация достигнутого угла, сменяющаяся последующим его увеличением. Следует, однако, заметить, что некоторые высокоэффективные броски элитных метателей характеризуются стабильным удержанием исходного взаиморасположения бедра и голени левой ноги, составляющим порядка 177° , в течение всего двухопорного периода финального разгона [13]. Биомеханическая целесообразность подобного функционирования коленного сустава, особенно в течение первой половины опорного периода левой ноги, формально обосновывается также невысоким коэффициентом вариации его угловых параметров в течение построения броска, несколько увеличивающимся к моменту выпуска снаряда (таблица).

Неполноценная опорная база голеностопного сустава у юных метателей, создаваемая посредством некачественного управления его мышечно-сухожильным комплексом, провоцирует аналогичное развертывание событий и в коленном суставе. В течение первых 60 мс существенно уменьшается величина показателя угла коленного сустава, которая в фазе амортизации снижается со $154,9$ до $135,9^\circ$ к моменту его пространственной стабилизации. Эти негативные изменения значительно нарушают целостность кинематической цепи левой ноги у юных метателей, ее тормозные свойства, что и приводит к падению эффективности использования механизма передачи импульса силы на вышерасположенные двигательные звенья. Последующее построение финального разгона у начинающих спортсменов

происходит уже на фоне определенного увеличения угла коленного сустава, конечная величина которого при выпуске снаряда составляет $148,4^\circ$, что свидетельствует о наличии определенных предпосылок к реализации базовых механизмов в заключительной части метания копья.

Угловая динамика тазобедренного сустава левой ноги в активной фазе финального разгона находится под значительным влиянием пространственного перемещения продольной оси туловища относительно точки опоры, сформированной, как было показано ранее, определенной стабилизацией продольной оси левой ноги по отношению к поверхности дорожки. В группе высококвалифицированных исполнителей, с момента постановки левой ноги на опору, наблюдается равномерное, со скоростью около 225 град/с, уменьшение угловой величины рассматриваемого сустава, продолжающееся порядка 80 мс и заканчивающееся фиксацией относительного положения туловища и бедра левой ноги. Их конечная конструкция служит элементом динамической осанки для главного управляющего движения метаемой конечности и в связи с этим ее кинематические параметры играют важную роль в формировании «рывкового» двигательного действия. Вместе с тем значительные величины коэффициента вариации исследуемого показателя, особенно в последней трети двухопорного разгона, достигающие 20% и более, свидетельствуют о наименее упорядоченном характере этого двигательного действия у элитных метателей копья (таблица). Наиболее вероятной причиной подобной неоднородности построения движений этим сегментом тела могут служить значительные инерционные силы, возникающие в процессе торможения туловища, управление которыми нарушается вследствие как неточной формулировки частной двигательной задачи его функционирования, так

и недостаточного уровня развития силы специфических мышечных групп.

Юные исполнители в целом демонстрируют весьма схожую динамику изменения угла тазобедренного сустава левой ноги в процессе реализации двухопорной фазы финального разгона. С момента постановки левой ноги на опору, в течение примерно 120 мс, наблюдается активное уменьшение его угловой величины, также свидетельствующее об участии этого сегмента в активном разгоне снаряда. Далее в этой группе спортсменов наблюдается достаточно выраженная стабилизация положений продольных осей туловища и бедра, то есть они формируют в данном суставе элемент динамической осанки с целью прохождения импульса силы на метаемую руку. Однако исходные количественные данные, а также динамика их изменения, кроме общей величины уменьшения рассматриваемого показателя, составляющего в обеих группах около 30° , свидетельствуют о различных способах решения двигательной задачи. Юные метатели, не выстроив должным образом базовую конструкцию нижних конечностей, пытаются возместить потери посредством раннего включения силовых возможностей мышц туловища, что приводит к значительному уменьшению угла тазобедренного сустава в течение первых 60 мс (таблица). Подобная практика построения финального разгона в большинстве случаев приводит к некачественному приложению усилий метателя к снаряду, что негативно отражается на дальности его полета.

Заключение. Сравнительный анализ построения биомеханической цепи впереди стоящей ноги в процессе реализации движений в двухопорной фазе финального разгона в метании копья выявил значительные групповые отличия, характеризующие деятельность элитных и юных спортсменов в этот период. Основные из них относятся к моменту постановки левой

ноги на опору и отражают недостаточный теоретический и практический уровень представлений начинающих метателей ко- пья как о роли этой биомеханической цепи

в процессе разгона снаряда, так и о каче- ственном выстраивании ее функции в те- чение активной фазы финального разгона.

1. Тутевич, В. Н. Теория спортивных метаний / В. Н. Тутевич. – М. : Физкультура и спорт, 1970. – 312 с.
2. Матвеев, Е. Н. Метание копья / Е. Н. Матвеев // Легкая атлетика : учеб. / Н. Г. Озолин [и др.] ; под ред. Н. Г. Озолина, В. И. Воронкина, Ю. Н. Примакова. – 4-е изд., доп. и перераб. – М. : Физкультура и спорт, 1989. – Гл. 16. – С. 522–549.
3. Донской, Д. Д. Биомеханика : учеб. для ин-тов физ. культуры / Д. Д. Донской, В. М. Зацюрский. – М. : Физкультура и спорт, 1979. – 253 с.
4. Зацюрский, В. М. Биомеханика двигательного аппарата человека / В. М. Зацюрский, А. С. Аруин, В. Н. Селуянов. – М. : Физкультура и спорт, 1981. – 143 с.
5. Коц, Я. М. Физиология мышечной деятельности : учеб. для ин-тов физ. культуры / Я. М. Коц. – М. : Физкультура и спорт, 1982. – 347 с.
6. Попов, Г. И. Биомеханика : учеб. для студ. высш. учеб. заведений / Г. И. Попов. – М. : Академия, 2005. – 256 с.
7. Матвеев, Е. Н. Экспериментальное обоснование применения специальных упражнений для развития скоростно-силовых качеств у метателей копья : автореф. дис. ... канд. пед. наук / Е. Н. Матвеев ; ГЦОЛИК. – М., 1967. – 21 с.
8. Позюбанов, Э. П. Теоретические аспекты формирования баллистических перемещающих движений / Э. П. Позюбанов, А. И. Терлюкевич, Мохаммадипур Фариборз // Мир спорта. – 2017. – № 1 (66). – С. 33–40.
9. Шалманов, А. А. Методологические основы изучения двигательных действий в спортивной биомеханике : дис. ... д-ра пед. наук / А. А. Шалманов ; РГУФК. – М., 2002. – 334 с.
10. Назаров, В. Т. Движения спортсмена / В. Т. Назаров. – Минск : Полымя, 1984. – 176 с.
11. Скрипниченко, И. Н. Метание копья / И. Н. Скрипниченко. – Белгород, 2001. – 136 с.
12. Верхошанский, Ю. В. Основы специальной силовой подготовки / Ю. В. Верхошанский. – М. : Физкультура и спорт, 1987. – 215 с.
13. Го Вэнь Сюэ. Кинематика финального разгона в метании копья / Го Вэнь Сюэ // Актуальные проблемы физического воспитания и спортивной тренировки : материалы IV Междунар. на- уч.-практ. конф. / ГрГУ им. Янки Купалы ; гл. ред. Л. Г. Харазян. – Гродно : ГрГУ им. Янки Купалы, 2022. – С. 74–79.

Статья поступила в редакцию 16.08.2023