

## ТОЛКАНИЕ ЯДРА – БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ ПОРТРЕТ: ОЛЕГ ТОМАШЕВИЧ



**Позюбанов Э.П.**

канд. пед. наук,  
доцент,  
Белорусский  
государственный  
университет  
физической  
культуры



**Го Вэнь Сюэ**

Белорусский  
государственный  
университет  
физической  
культуры

Соревновательное упражнение в толкании ядра характеризуется сложной динамической системой реализации различных кинематических механизмов, функционирующих с учетом морфофункциональных и специализированных двигательных возможностей метателя. Его построение высококвалифицированными спортсменами всегда привлекает внимание различных категорий специалистов, пытающихся всесторонне рассмотреть процесс достижения предельных, для данной двигательной конструкции, результатов соревновательной деятельности. Объективная информация о характере развертывания различных сторон специализированного упражнения позволяет значительно повысить эффективность процесса подготовки высококвалифицированных спортсменов.

**Ключевые слова:** толкание ядра; предварительный разгон; финальный разгон; одноопорная и двухопорная фаза; структура упражнения; кинематические характеристики; механизм; двигательная установка.

### SHOT PUT – A BIOMECHANICAL PORTRAIT: OLEG TOMASHEVICH

Competitive exercise in shot put is characterized by a complex dynamic system for implementing various kinematic mechanisms that function taking into account the morphofunctional and specialized motor capabilities of the thrower. Its construction by highly qualified athletes always attracts the attention of various categories of specialists trying to comprehensively consider the process of achieving the maximum results of competitive activities for a given motor structure. Objective information on the nature of the deployment of various sides of the specialized exercise makes it possible to significantly increase the efficiency of the training process for highly qualified athletes.

**Keywords:** shot put; preliminary acceleration; final acceleration; single-support and double-support phase; exercise structure; kinematic characteristics; mechanism; motor objective.

### ВВЕДЕНИЕ

В последнее десятилетие наблюдается заметный рост результативности в толкании мужского ядра, следствием которого явились как новый мировой рекорд у мужчин в этом виде легкой атлетики (23,37 м), так и большое количество спортсменов, регулярно показывающих результаты в границах 22–23 метров. Подобное изменение ситуации в этом легкоатлетическом метании напрямую связано с целенаправленным переходом большинства толкателей ядра на вращательный способ выполнения упражнения. О реальном использовании этого варианта толкания ядра свидетельствует тот факт, что на всех крупнейших легкоатлетических соревнованиях последних пяти лет его применяли

все без исключения мужчины, участвующие в финальной части состязаний.

Подобная тенденция наблюдается и среди белорусских толкателей ядра, ярким представителем которых является Олег Томашевич. Высокие спортивные результаты в этом легкоатлетическом упражнении им были показаны еще в юниорском возрасте, когда ему удалось установить рекорды Республики Беларусь в толкании основного соревновательного снаряда (7,260 кг) как на стадионе (19,38 м), так и в помещении (19,73 м). О значительных потенциальных возможностях молодого метателя свидетельствовал также результат, достигнутый им юниорским снарядом (6 кг) – 22,15 м. К сожалению, показан он был в соревновательной ситуации, не позволявшей утвердить его в качестве

Таблица 1. – Временные параметры различных фаз в толкании ядра [6]

| Спортсмен,<br>результат, м  | Первая<br>одноопорная<br>фаза, с | Первая<br>безопорная<br>фаза, с | Вторая<br>одноопорная<br>фаза, с | Двухопорная<br>фаза, с | Третья<br>одноопорная<br>фаза, с | Вторая<br>безопорная<br>фаза, с |
|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Cantwell, 21,77             | 0,48                             | 0,03                            | 0,21                             | 0,18                   | 0,03                             | 0,00                            |
| Hoffa, 21,20                | 0,44                             | 0,04                            | 0,21                             | 0,19                   | 0,00                             | 0,04                            |
| Walsh, 22,03                | 0,45                             | 0,10                            | 0,19                             | 0,17                   | 0,00                             | 0,00                            |
| Walsh, 22,31                | 0,45                             | 0,10                            | 0,20                             | 0,18                   | 0,00                             | 0,00                            |
| Среднее финалистов ЧМ- 2017 | 0,46                             | 0,07                            | 0,20                             | 0,20                   | 0,00                             | 0,00                            |
| Томашевич, 20,47 (6 кг)     | 0,50                             | 0,03                            | 0,25                             | 0,18                   | 0,04                             | 0,00                            |
| Томашевич, 19,73 (7,20 кг)  | 0,48                             | 0,03                            | 0,25                             | 0,18                   | 0,04                             | 0,00                            |
| Томашевич, 19,88 (7,20 кг)  | 0,48                             | 0,04                            | 0,24                             | 0,20                   | 0,00                             | 0,04                            |

рекордного. Переход на использование мужского снаряда несколько снизил темпы прироста результатов, наблюдавшиеся у него в юниорском возрасте, но не остановил их. В 2022 году спортсмен уже неоднократно преодолевал двадцатиметровый рубеж, доведя личный рекорд до 20,74 м, причем сделал это на главных соревнованиях сезона.

Определяющим фактором успешного совершенствования его спортивного мастерства, как показывают различные аспекты биомеханического анализа, является позитивная тенденция формирования соревновательного упражнения на основе скоростной двигательной доминанты [1, 2]. Этот выбор в полной мере соответствует системно-структурным свойствам современной конструкции разгона снаряда в толкании ядра. Активно развивающийся, целесообразный комплекс вращательно-поступательных действий предоставляет спортсмену новые возможности использования своего двигательного потенциала [3–5].

Предметом настоящего исследования явились особенности взаимосвязи качественных и количественных кинематических характеристик реального соревновательного упражнения, отражающие как общие закономерности его построения, так и характер проявления индивидуальных особенностей спортсмена в процессе специализированного действия. Предлагаемые фрагменты исполнения отдельных двигательных действий позволяют визуализировать важнейшие узловые моменты реализации кинематической системы движений и сопоставить их с аналогичными конструкциями элитных толкателей ядра. Аналитические данные получены с помощью скоростной видеосъемки (300 и 250 к/с) и расчетной программы «Kinovea».

■ ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Анализ продолжительности выполнения базовых элементов техники соревновательного упраж-

нения показывает, что спортсмен формирует выделенные фазы практически в тех же временных интервалах, которые характерны для элитных представителей этого вида легкой атлетики (таблица 1). Это очень важная как в биомеханическом, так и в методическом плане информация, поскольку позволяет в определенной мере объективизировать дальнейшие пути повышения спортивного мастерства метателя. В перспективе, поскольку временная структура специализированного двигательного действия вполне отвечает рациональным требованиям, это в большей степени

связано с постепенным повышением моторного обеспечения и надежности функционирования соревновательного упражнения [7].

Более подробно следует остановиться на двух временных параметрах: продолжительности первой безопорной и второй двухопорной фаз, поскольку они в значительной мере определяют характер решения основной двигательной задачи в толкании ядра. Длительность первой из них, в рассматриваемом случае, указывает на беговой вариант перехода с левой ноги на правую, ориентированный на минимальное нахождение метателя в отрыве от опоры. Это минимизирует потери скорости движения системы «метатель-снаряд» в предварительном разгоне, а также уменьшает величину реакции опоры в последующем движении [8, 9]. Следует, однако, заметить, что среди элитных толкателей ядра наблюдаются исполнители, характеризующиеся увеличенной продолжительностью этой фазы за счет более высокого подъема ОЦМТ, что впоследствии обеспечивает им более эффективное использование упругих свойств сухожильно-мышечного комплекса правой ноги в заключительном двигательном действии (таблица 1, Т. Уолш). Временная протяженность двухопорной фазы финального разгона спортсмена свидетельствует о значительных биомеханических предпосылках качественного использования как механизма последовательного торможения двигательных звеньев, так и упругих свойств мышечного аппарата толкателя ядра. Наблюдаемая здесь разница между ним и элитными толкателями ядра, составляющая около 0,03–0,04 с, в значительной мере аргументируется недостаточным уровнем моторного обеспечения этого двигательного действия, повышение которого является сложной, но вполне решаемой задачей.

Исходная позиция спортсмена перед началом выполнения соревновательного упражнения

формируется на основе двух основных требований: а) максимально использовать пространство круга для разгона системы «метатель-снаряд»; б) выполнить условия правил соревнований (рисунок 1). Ориентируясь на первое из них, метатель располагает стопу левой ноги на линии, проходящей через центр круга перпендикулярно сегменту. Положение правой стопы способствует увеличению пути разгона снаряда на предварительном участке, поскольку создает условия для большего угла замаха. Выполнение второго требования спортсмен организует за счет постановки левой стопы на определенном удалении от границы круга, что позволяет в процессе входа в поворот эффективно вращаться, не создавая предпосылок для выхода за пределы соревновательного пространства.

Следует отметить, что для тандема «тренер-спортсмен» на протяжении многих лет характерен творческий подход к совершенствованию системы двигательных действий соревновательного упражнения. Так, например, на рисунке 2 представлены поисковые варианты промежуточного положения метателя при выполнении замаха в предварительном разгоне. Они характеризуются значительным сгибанием ног в коленных суставах: в положении 2, а угол составляет, примерно,  $100^\circ$ , а в 2, б –  $70^\circ$ . Можно предположить, что целевая предназначенность подобной конструкции состояла в повышении эффективности всего подготовительного комплекса, однако время показало несостоятельность подобного решения и спортсмену пришлось отказаться от чрезмерного сгибания ног в данной фазе упражнения. В настоящее время используется вариант с меньшим сгибанием ног в



Рисунок 1. – Исходное положение перед началом замаха



Рисунок 3. – Тот же момент замаха в исполнении чемпиона мира Т. Уолша (22,67 м)

коленных суставах, хотя существуют объективные предпосылки для его дальнейшего совершенствования (рисунок 3).

Это аргументируется тем обстоятельством, что любые конструктивные надстройки, требующие дополнительного расхода энергии, более сложной координации в работе двигательного аппарата, усложнения взаимосвязи с внешней средой, необходимо рассматривать с точки зрения их полезности включения в существующую систему движений [7]. В данном случае значительное искривление траектории движения ОЦМТ за счет выраженного сгибания ног приводит к неоправданному усилению контроля за этим элементом, поскольку в течение его выполнения возникают дополнительные сбивающие факторы, требующие минимизации их воздействия. При этом, в конечном итоге, усложнялась и исходная конструкция для начала непосредственного предварительного разгона системы «метатель-снаряд» (рисунок 4, в).

Следует отметить, что в течение последних лет у спортсмена произошли положительные изменения в построении этой части предварительного разгона, вызвавшие как уменьшение угла наклона туловища с  $57^\circ$  до  $17^\circ$  (рисунок 4, в, б, а), так и сокращение времени замаха с 1,51 с до 1,18 с. Это отразилось на длительности дальнейшего двухпорного вращения, увеличившейся с 0,80 до 0,92 с, что позволило выстраивать более качественную координацию перехода толкателя ядра с правой ноги на левую и таким образом повысить точность входа в поворот (рисунок 5).

Реализация первой одноопорной фазы продолжается у спортсмена около 0,49 с и характеризуется качественным выстраиванием элементов динамической осанки левой ноги. В течение 0,43 с толкатель ядра выполняет ней сложное вращение, продольная ось которого наклонена к горизонтали под



а

б

Рисунок 2. – Момент максимального сгибания ног при выполнении замаха: а – 2019 год, б – 2018 год



Рисунок 4. – Момент окончания предварительного замаха: а – 2022 год, б – 2019 год, в – 2018 год, г. – Т. Уолш (22, 67 м)

углом около шестидесяти пяти градусов, удерживая при этом оптимальную позицию туловища. В конечном итоге это позволяет выполнить эффективный круговой мах правой ногой, а затем в течение 0,06 с, объединив действия опорной и переносной ноги, организовать прямолинейное перемещение спортсмена вперед по диаметру круга. Минимизацию времени безопорной фазы толкатель ядра формирует за счет неполного разгибания левой ноги в коленном и тазобедренном суставах, уменьшающего



Рисунок 5. – Момент начала первой одноопорной фазы: а – 2022 год, б – 2019 год, в – Т. Уолш

угол отталкивания, а также низкого проноса правой стопы над опорой (рисунок 6, а, б).

Теоретически быстрая постановка правой ноги на опору способствует сохранению скорости системы «метатель-снаряд» и эффективному разворачиванию дальнейших двигательных действий финального разгона [8]. Однако действия перехода с одной ноги на другую выполняют также функцию усиления моторного обеспечения главного элемента техники толкания ядра. Она заключается в создании рабочего напряжения специфических мышечных групп правой ноги за счет их оптимального растяжения, которое в определенной мере зависит от высоты, с которой правая стопа ставится на поверхность круга. С этих позиций Т. Уолш выполняет более полное разгибание опорной ноги в коленном и тазобедренном суставах и тем самым несколько увеличивает угол отталкивания, создавая этим оптимальные условия для необходимого натяжения рабочих мышц (рисунок 6, в). Это также способствует более закрытой постановке стопы по отношению к сегменту, что сокращает время подготовки правой ноги к реализации своей основной функции в финальном разгоне (рисунок 7, в).

Длина шага О. Томашевича от места вращения левой стопы до постановки правой составляет порядка 1,10 м, длительность безопорной фазы – 0,03–0,04 с. Начало финального разгона характеризуется постановкой правой ноги на переднюю часть стопы (рисунок 7, а, б). Ее продольная ось перпендикулярна направлению движения толкателя ядра. Угол продольной оси «правая стопа-голова» по отношению к горизонтالي составляет 74–76°, угол постановки правой ноги – 80°. Голень левой ноги в этот момент занимает практически горизонтальное положение по отношению к опоре. Здесь следует заметить, что у чемпиона мира в этот момент стопа левой ноги располагается гораздо ниже коленного сустава вследствие более выраженного разгибания левого тазобедренного и коленного суставов.

Анализ временной протяженности различных фаз показывает, что второе одноопорное вращение на правой ноге спортсмен выполняет несколько медленнее, чем ведущие толкатели (таблица 1). Причинами подобного явления могут выступать несколько факторов: нерациональная постановка стопы на опору, неэффективная координация работы опорной и маховой ноги, недостаточный уровень специальной силовой подготовленности, характер двигательной установки на реализацию данной фазы толкания



Рисунок 6. – Момент начала безопорной фазы: а – 2022 год, б – 2019 год, в – Т. Уолш



Рисунок 7. – Момент начала второй одноопорной фазы: а – 2022 год, б – 2019 год, в – Т. Уолш

ядра. В связи с этим совершенствование двигательных действий этой фазы требует комплексного рассмотрения всех аспектов исполнения второго одноопорного вращения и выявления в них слабых звена.

Рациональное построение финального разгона в толкании ядра, как, впрочем, и в остальных видах легкоатлетических метаний, базируется на последовательном разгоне и торможении двигательных звеньев снизу вверх. Посредством этого осуществляется закономерная передача количества движения с проксимальных на дистальные звенья спортсмена и в конечном итоге значительно увеличивает скорость вылета снаряда [10, 11]. С этой целью в начальный момент основного двигательного действия выстраиваются определенные элементы динамической осанки, позволяющие создавать силовые взаимодействия с опорой, формирующие эффективно действующий биомеханизм торможения. Пространственно это можно оценить по углу постановки левой ноги на опору и наклону

продольной оси «левая стопа-голова» относительно горизонтали. Анализ показывает, что в данный момент времени общий наклон системы «метатель-снаряд» у О. Томашевича и Т. Уолша практически идентичен и составляет порядка  $58-60^\circ$  (рисунок 8). Сравнение же углов постановки левой ноги на опору при организации второй двухопорной фазы свидетельствует о некотором преимуществе Т. Уолша в данной позиции. Наклон продольной оси его левой ноги к опоре практически на  $10^\circ$  меньше, чем у белорусского спортсмена. Тем самым увеличиваются возможности для создания большей величины горизонтальной составляющей реакции опоры, направленной против движения толкателя ядра и запускающей механизм последовательного торможения двигательных звеньев. В целом это отражается процентным соотношением длины шагов

предварительного и финального разгона, которое у О. Томашевича составляет 63:37, а у Т. Уолша – 53:47.

В формировании исходной позы финального разгона следует обратить внимание еще на один весьма важный момент организации движений, связанный с угловыми характеристиками голеностопных суставов. Хорошо заметно, что данной позиции Т. Уолш демонстрирует сильное тыльное



Рисунок 8. – Момент начала второй двухопорной фазы: а – 2022 год, б – 2019 год, в – Т. Уолш

сгибание в этих сочленениях, углы намного больше прямого. Биомеханически этим обеспечивается большая жесткость, а в дальнейшем и упругость их функционирования и, как следствие, высокая эффективность тормозных процессов. О.Томашевич реализует более «мягкую» постановку левой стопы (рисунок 8). Анализ этого движения показывает, что первоначальный контакт передней части левой стопы в течение 0,026 с трансформируется в полноценную опору всей ее подошвенной площадью. В этой позиции голеностопного сустава основная функция торможения полностью переносится на активную работу мышц, что снижает эффективность данного процесса, поскольку уменьшается использование даровых сил [12].

Тем не менее в течение выполнения финального разгона снаряда спортсмен достаточно эффективно выстраивает процесс передачи количества движения с нижних звеньев на верхние. Качество формирования финальной части разгона можно оценить по способности толкателя ядра удерживать угол оси упора (левая стопа–голова) от вертикали. Анализ показывает, что в течение времени активного воздействия метателя на снаряд, а это рисунки 8, 9, 10, положение оси характеризуется следующими показателями:  $33^\circ$ ,  $20^\circ$  и  $15^\circ$ . Следовательно, можно утверждать, что в процессе всего разгона снаряда была сформирована эффективная волновая система передачи энергии с нижних двигательных звеньев на верхние, что, в конечном итоге, и позволяет спортсмену показывать высокие спортивные результаты.



Рисунок 9. – Момент реализации второй двухопорной фазы: а – 2022 год, б – 2019 год, в – Т. Уолш

### ■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Общая оценка всех сторон технической подготовленности молодого белорусского толкателя ядра свидетельствует о его несомненной одаренности в этом виде спортивной деятельности. Качественный биомеханический анализ в должной мере подтвердил рациональность и эффективность исполнения им основных приемов предварительного и финального разгона как системы «метатель-снаряд», так и конкретно спортивного снаряда. Эволюционный подход к конкретной системе рассматриваемого соревновательного упражнения требует осторожной трактовки имеющихся отклонений от современной модели толкания ядра способом кругового маха. Некоторые из них являются продуктом формирования и развития спортсмена и по мере его совершенствования органически трансформируются в нормированные движения и двигательные действия. Тем не менее в общем плане построения рациональной системы соревновательного упражнения можно предложить ряд конкретных рекомендаций:

1. Не использовать в замахе волнообразного движения ОЦМТ посредством сгибания ног в коленных суставах. В известной мере это усложняет подготовительное действие, но не влияет на повышение эффективности предварительного разгона, поскольку готовность к его началу в большей мере формируется посредством натяжения мышц туловища, то есть углом между фронтальными плоскостями таза и плеч.
2. В первой одноопорной фазе следует удерживать естественное положение головы, не поворачивать ее влево, поскольку это влияет на распределение



Рисунок 10. – Момент выпуска снаряда: а – 2022 год, б – 2019 год, в – Т. Уолш

тонуса мышц туловища и увеличивает вероятность отклонения оси вращения от должной нормы (рисунков 5, а).

3. Рассмотреть вопрос о постановке правой стопы после безопорной фазы с несколько большей высоты, поскольку в толкании ядра предварительный разгон выполняет не только скоростную, но и подготовительную функцию.

4. Увеличить рабочие углы голеностопных суставов в финальном разгоне, что должно положительно сказаться на реализации основного биомеханизма, увеличении активного пути воздействия силы метателя на снаряд, повышении эффективности использования моторного потенциала спортсмена.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тутевич, В. Н. Теория спортивных метаний / В. Н. Тутевич. – М.: Физкультура и спорт, 1970. – 312 с.
2. Григалка, О. Я. Толкание ядра / О. Я. Григалка. – М.: Физкультура и спорт, 1970. – 72 с.
3. Алексеев, В. И. Ядро толкает Александр Барышников / В. И. Алексеев // Легкая атлетика. – № 8, – 1997. – С. 16–17.
4. Ван, Вэй Гуо. Методика обучения юных легкоатлетов технике толкания ядра вращательным способом: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / Ван Вэй Гуо. – М., 1997. – 24 с.

5. Миллер, В. И. Методика совершенствования технической и специальной физической подготовленности в толкании ядра вращательным способом: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / В. И. Миллер. – М., 2015. – 24 с.

6. Биомеханический анализ толкания ядра на 12-м чемпионате мира ИААФ в помещении / М. Гутиеррес-Давила [и др.]. // Легкоатлетический вестник ИААФ. – 2009. – № 3. – С. 45–61.

7. Верхошанский, Ю. В. Основы специальной физической подготовки спортсменов / Ю. В. Верхошанский. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 330 с.

8. Толкание ядра с поворота / В. В. Мехрикадзе [и др.]. – Минск: БГУФК, 2015. – 62 с.

9. Ланка, Я. Е. Биомеханика толкания ядра / Я. Е. Ланка, А. А. Шалманов. – М.: Физкультура и спорт, 1982. – 72 с.

10. Донской, Д. Д. Биомеханика: учеб. для ин-тов физ. культуры / Д. Д. Донской, В. М. Зациорский. – М.: Физкультура и спорт, 1979. – 264 с.

11. Ланка, Я. Теоретические и практические аспекты реализации биомеханических принципов организации перемещающих движений в спорте / Я. Ланка, В. Гамалий // Наука в олимпийском спорте. – 2017. – № 2. – С. 45–63.

12. Бернштейн, Н. А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности / Н. А. Бернштейн. – М.: Медицина, 1966. – 349 с.

**22.11.2022**