

РАЗРАБОТКА АНАЛИТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ БИОМЕХАНИКИ ДВИЖЕНИЙ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ МЕТАТЕЛЕЙ МОЛОТА

А.Н. Шахдади, Е.А. Масловский¹, В.И. Загревский²

Белорусский государственный университет физической культуры,

¹Полесский государственный университет физической культуры, Maslovski_e@mail.ru

²Могилевский государственный университет им. А.А.Кулешова,

Введение. Одной из актуальных проблем современного метания является исследование биомеханических основ техники и оптимизация технологии их обучения. Исследования позволяют рассчитывать на эффективность использования биомеханического подхода при изучении техники метания молота в плане обоснования биомеханических критериев рациональной техники и построения моделей биомеханики движений как одного из условий повышения технического мастерства спортсменов.

Были поставлены следующие задачи исследования:

1. Определить биомеханические критерии рациональной организации пространственно-временной структуры соревновательного упражнения у метателей молота.

2. Разработать аналитические модели функциональной направленности биомеханики движений высококвалифицированных спортсменов и выявить границы их применения.

Результаты исследования и их обсуждение. Биомеханические критерии рациональной организации пространственно-временной структуры соревновательного упражнения у метателей молота разрабатывались и устанавливались по результатам выполненного исследования. В качестве модельных характеристик, позволяющих получить объективную и оперативную информацию об уровне технического мастерства метателей молота, использовались кинематические характеристики, как отдельных фаз соревновательного упражнения, так и всего упражнения в целом. Выявлено, что общая тенденция **временной организации** движений заключается в уменьшении времени выполнения каждого последующего структурного компонента метания, что явилось количественной основой для построения аналитической модели функциональной направленности (модель 1): время раскручивания и оборотов молота. С приближением к финальному усилию существенно уменьшается диапазон вариативности выполнения отдельных структурных компонентов метания молота по длительности. Временная продолжительность выполнения поворотов системы «молот-спортсмен», включающая как одноопорные, так и двухопорные фазы метания спортивного снаряда характеризуется уменьшением времени выполнения последующего структурного компонента с некоторым «всплеском» в четвертом повороте (модель 2). Спортсмены средней квалификации затрачивают больше времени на выполнение всех четырех поворотов, с существенным увеличением длительности четвертого поворота.

Анализ временного ряда одноопорных и двухопорных фаз во вращательных движениях системы «молот-спортсмен» позволил установить, что у спортсменов высокой квалификации отмечается ниспадающий характер длительности одноопорных фаз метания молота (модель 3). Аналогичная тенденция отмечается и в длительности двухопорной фазы с 1-го по 3-й повороты, с некоторым ее увеличением в 4-м повороте (модель 4).

В ритмическом рисунке поворотов отмечается нарастающий характер длительностей отношений одноопорной фазы к двухопорной с первого по третий циклы вращений и существенный спад в четвертом повороте (модель 5). Для спортсменов средней квалификации характерно неяркое выраженное нарастание отношения длительности одноопорной к двухопорной фазам от первого к третьему повороту и отсутствие резкого спада в четвертом структурном компоненте. Полученные данные свидетельствуют о более размытой и неточной дифференцировке пространственно-временных соотношений у спортсменов, еще не достигших технического совершенства.

Пространственно-временные характеристики биомеханической системы «молот-спортсмен» характеризуются общей тенденцией увеличения угловой скорости молота при переходах от одной фазы движения к другой (модель 6). В конце фазы 2-го раскручивания молота средняя угловая скорость радиус-вектора молота составляет 5,0-7,0 рад/с. В дальнейших вращательных движениях системы «молот-спортсмен» прирост скорости осуществляется практически по линейному закону вплоть до окончания второго поворота. К этому моменту времени достигается угловая скорость равная 11,0-13,0 рад/с. В дальнейшем, вследствие уменьшения углового ускорения молота (модель 7) происходит снижение в приросте его угловой скорости. Переломный момент в снижении прироста скорости наступает в средней части второго поворота (четвертая структурная группа метания молота). Ускорение достигает почти 5 рад/с² и в дальнейшем снижается до нуля. Отличительной особенностью изменения тенденций в приросте угловой скорости биомеханической системы «молот-спортсмен» является завершение 3-го вращательного оборота. К этому моменту времени достигается до 98% максимального значения угловой скорости вращения молота. В завершающем, 4-м повороте, набирается максимальная угловая скорость системы «молот-спортсмен», равная 12-16 рад/с, а угловое ускорение снижается до 0 рад/с². Горизонтальная составляющая линейной скорости ОЦМ биосистемы «молот-спортсмен» увеличивается от 0,0 м/с до 1,1 м/с (модель 8). По результатам исследования были разработаны и использованы в педагогическом эксперименте аналитические модели функциональной направленности, описывающие в математической форме модельные характеристики основных биомеханических параметров метания молота. Критерием технического мастерства являлась линия тренда биомеханических характеристик, описываемая адекватной аналитической моделью. Аналитические модели функциональной направленности биомеханики движений высококвалифицированных спортсменов и границы их применения разработаны с учетом концептуальных оснований и педагогических условий их применения по результатам биомеханического исследования техники сильнейших метателей молота Республики Беларусь. Модели сориентированы по следующим направлениям технической подготовки атлетов:

- модель 1 – временная продолжительность раскручивания и оборотов молота;
- модель 2 – временная продолжительность выполнения поворотов;
- модель 3 – длительность одноопорных фаз поворотов;
- модель 4 – длительность двухопорных фаз поворотов;
- модель 5 – отношение длительности одноопорной фазы поворотов к двухопорной;
- модель 6 – угловая скорость молота в раскручиваниях и оборотах;
- модель 7 – угловое ускорение молота в раскручиваниях и оборотах;
- модель 8 – горизонтальная составляющая линейной скорости ОЦМ биомеханической системы «молот-спортсмен».

Математические модели строились по биомеханическим характеристикам, вычисленных по промерам оптической регистрации движений для 12 спортсменов высокой спортивной квалификации. Номер структурного элемента (x) использовался в качестве аргумента. Задав номер структурного компонента по аналитической модели можно определить модельные значения (Y) необходимого уровня технической подготовленности.

Выводы: 1. Выявлен состав структурных компонентов метания молота с помощью которых при сравнительном биомеханическом анализе техники соревновательного упражнения различных спортсменов осуществляется инвариантная замена аргумента движения (время). Доказано, что расчет биомеханических характеристик движения, в котором в качестве независимого аргумента рассматривается структурный компонент метания молота, позволяет выполнять сравнительный биомеханический анализ техники соревновательного упражнения и является инструментом сравнения технического мастерства спортсменов различной квалификации. Определены количественные значения биомеханических характеристик метания молота и его структурных компонентов у атлетов, являющихся членами национальной команды, которые были положены в основу разработки критериев технического мастерства спортсменов и аналитических моделей функциональной направленности. Выявлено, что:

- Общая тенденция временной организации движений заключается в уменьшении времени выполнения каждого последующего структурного компонента раскручивания и оборотов молота, реализовываемая в соответствии с изменением степенной зависимости $Y=2,056x^{-0,881}$.

- Повороты биомеханической системы «молот-спортсмен» выполняются ускоренно, и организация временного ритма вращения описывается аналитической моделью полиномиального вида $Y=-0,0079x^3+0,0962x^2-0,3625x+0,912$.

- У спортсменов высокой квалификации отмечается ниспадающий характер длительности одноопорных фаз метания молота. Функциональная связь между временем выполнения одноопорной фазы поворота (Y) и его номером (x) устанавливается в виде $Y=-0,0078x^3+0,0613x^2-0,1651x+0,395$. Временной ряд длительности выполнения двухопорных фаз, в кинематических структурах вращательного типа «молот-спортсмен», у атлетов высокой квалификации имеет ниспадающий характер с некоторым «всплеском» в четвертом повороте и может быть описан аналитической моделью вида $Y=0,034x^2-0,195x+0,5152$.

- Достижение высокого соревновательного результата регламентировано необходимостью соблюдения, оправданного биомеханической целесообразностью, соотношения длительности одноопорной и двухопорной фаз движения. С первого по третий повороты биомеханической системы «молот-спортсмен» отмечается нарастающий характер длительностей отношения одноопорной фазы к двухопорной и существенный спад в четвертом повороте, что является характерным для спортсменов высокой квалификации и описывается аналитической моделью полиномиального вида $Y=-0,0683x^3+0,399x^2-0,5803x+1,0$.

- Пространственно-временные характеристики метания молота характеризуются тем, что, во-первых, угловая скорость предварительного раскручивания молота не является кинематической структурой повышенной технической трудности и успешно реализуется спортсменами средней квалификации. Во-вторых, начиная со второго структурного компонента метания молота происходит постепенный разрыв между угловой скоростью молота у спортсменов высокой и средней квалификации. К концу третьего поворота разница в угловой скорости молота достигает 2 рад/с, что составляет около 15% от результатов спортсменов высокой квалификации. Таким образом, спортсмены средней квалификации выполняют метание молота по скоростным характеристикам на уровне 85% от спортсменов высокой квалификации. Аналитическая модель эталонной угловой скорости молота имеет вид $Y=-0,0435^2+1,6415x-0,8765$. И, в-третьих, для спортсменов высокой квалификации характерно наличие глобального максимума по угловому ускорению молота

между первым и вторым поворотом метателя, который близко приближается к отметке 5 рад/с². У спортсменов средней квалификации такого ярко выраженного глобального максимума углового ускорения молота нет и они реализуют 60%-70% от максимума возможностей атлетов высокой квалификации. Аналитическая модель эталонного углового ускорения молота имеет вид полиномиальной зависимости $Y = -0,0003x^6 + 0,0118x^5 - 0,201x^4 + 1,6373x^3 - 6,5457x^2 + 12,362x - 7,15$.

- С приближением к финальному усилию существенно уменьшается диапазон вариативности выполнения отдельных структурных компонентов метания молота по длительности и «сбой» на любом из них уже невозможно компенсировать. Верхняя граница воронки вариативности имеет вид $Y_{max} = -0,0214x^4 + 0,3109x^3 - 1,4491x^2 + 1,9564x + 1,4964$. Нижняя граница воронки вариативности длительности структурных компонентов в метании молота описывается уравнением $Y_{min} = -0,027x^3 + 0,3485x^2 - 1,5203x + 2,7265$. Выполнение технических действий метателя в границах воронки вариативности не ведет к техническому нарушению системы движений, но их общая временная организация должна происходить в соответствии с общей тенденцией зависимости $Y = 2,056x^{-0,881}$.

- Корреляционный анализ пространственно-временных характеристик структурных компонентов метания молота и дальности его полета не выявил связи между ними, не отражает объективной реальности и не является корректным методом биомеханического исследования в случае метания спортивных снарядов. Детерминированный характер траектории полета молота, обусловленный скоростью вылета молота и его углом вылета, не позволяет строить статистические модели дальности полета, в частности, на основе корреляционных зависимостей, а полностью определяется биомеханикой движений метателя и механикой вылета молота.

- Корректными свойствами определения уровня технического мастерства метателей молота обладают аналитические модели функциональной направленности, построенные на основе биомеханических параметров движения, которые определяют рациональную технику метания молота и высокий соревновательный результат.