

# ОЦЕНКА БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МЫШЦ ОСНОВНОГО И ПОДВОДЯЩИХ УПРАЖНЕНИЙ В МЕТАНИИ КОПЬЯ



**Позыубанов Э.П.**

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



**Го Вэнь Сюэ**

магистр пед. наук,  
Белорусский  
государственный  
университет  
физической культуры



**Хмельницкая Л.Ш.**

Белорусский  
государственный  
университет  
физической культуры

В статье представлены данные электромиографических исследований, характеризующих степень сопряженности ряда подводящих упражнений со структурой кинематического механизма, определяющего волновую передачу импульса силы в финальном разгоне метания копья. Использование метода поверхностной регистрации биоэлектрической активности мышц, участвующих в формировании элементов динамической осанки нижних конечностей и таза, позволило подтвердить специфический характер тренирующих воздействий упражнений, основанных на использовании внешнего источника активизации рабочих звеньев двигательного аппарата метателя.

**Ключевые слова:** метание копья; финальный разгон; кинематический механизм; электромиография; параметры биоэлектрической активности; внешнее воздействие.

## ASSESSMENT OF THE BIOELECTRIC ACTIVITY OF THE MUSCLES INVOLVED IN THE MAIN AND PRELIMINARY EXERCISES IN JAVELIN THROWING

The article presents data of electromyographic studies characterizing the degree of conjugacy of a number of preliminary exercises with the structure of a kinematic mechanism that determines the wave transmission of a force pulse in the final acceleration of javelin throwing. Using the method of surface registration of bioelectric activity of muscles involved in formation of elements of dynamic posture of lower extremities and pelvis made it possible to confirm specific nature of training effects of exercises based on use of external source of activation of working links of motor apparatus of a thrower.

**Keywords:** javelin throwing; final acceleration; kinematic mechanism; electromyography; bioelectric activity parameters; external impact.

### Введение

В метании копья и других спортивных снарядов, где используется аналогичная система соревновательных действий, наиболее продуктивная фаза финального разгона начинается с момента образования двухопорного контакта спортсмена с поверхностью дорожки для разбега, то есть с постановки на нее левой ноги (для правшей) [1]. Качество этого процесса, внешне оцениваемое углами постановки ноги, коленного и голеностопного суставов, а также дальнейшими их изменениями в течение наиболее ответственного периода разгона снаряда, в значительной степени определяет эффективность формирования кинематических механизмов, лежащих в основе рассматриваемого соревновательного упражнения [2]. В настоящее время содержательный аспект основного из них, последовательного включения звеньев, можно трактовать с нескольких по-

зиций. Первая из них состоит в том, что замыкание левой ноги на опоре формирует элемент динамической осанки нижних конечностей и таза, на базе которого в дальнейшем разворачивается последовательная реализация управляющих движений [3]. Вторая определяет функциональную роль левой конечности в качестве тормозного элемента, благодаря которому запускается механизм последовательного торможения и разгона двигательных звеньев в финальной части соревновательного упражнения, где система «метатель-снаряд» уже движется с определенной скоростью [4]. Следует отметить, что реализационная стоимость заключительного фрагмента соревновательного упражнения в этом виде метаний очень высока и оценивается примерно на уровне восьмидесяти процентов создания начальной скорости вылета снаряда [1].

Наличие предварительной скорости перемещения спортсмена и жесткие временные границы формирования силового воздействия метателя на снаряд, составляющие у высококвалифицированных спортсменов порядка 120–140 мс, предъявляют высокие требования к функционированию левой ноги в рассматриваемый период. Причем в значительной степени это относится к ее пространственному положению относительно опоры и взаиморасположению двигательных звеньев относительно друг друга. В рекордных попытках, в момент первичного контакта, качественная реализация моторного потенциала высококвалифицированных метателей копья характеризуется следующими параметрами рассматриваемой кинематической цепи: угол постановки ноги на опору – 43°–45°, коленного сустава – 175°–180°, голеностопного сустава – 110°–120° (собственные данные). В течение дальнейшего протекания двухопорного периода основная функция биомеханической цепи левой ноги состоит в сохранении пространственной конструкции, выстроенной в момент ее постановки на опору [5].

Однако в области разработки обучающих программ, направленных на освоение двигательных действий подобного характера, уже продолжительное время наблюдается игнорирование этого важнейшего методического аспекта формирования системы движений двухопорного разгона в легкоатлетических метаниях. Анализ многочисленных литературных источников, в той или иной мере затрагивающих проблему овладения двигательными действиями этой области спортивной деятельности, а конкретнее – системой движений финального разгона, свидетельствует об упрощенном подходе к этому вопросу, выстроенному на основе не логико-функционального, а формально-последовательного освоения отдельных элементов этого важнейшего элемента техники соревновательного упражнения [6, 7]. При этом, на наш взгляд, определенным образом нарушена структура методических задач обучения бросковым движениям, кинематика и динамика которых базируется на формировании силового поля начиная с нижних конечностей, в то время как все современные методические пособия рекомендуют начинать освоение этого элемента с освоения движений верхних двигательных звеньев [8].

В связи с этим нами предлагается определенная модернизация как последовательности, так и состава обучающих задач, основанная на применении системы подводящих упражнений, базирующихся на использовании внешнего источника воздействия с целью формирования специализированного силового поля метателя. В нашем случае этот процесс предлагается реализовывать на основе целенаправленных и качественно разнородных силовых воздействий партнера, основная цель которых состоит в формировании адекватных соревновательному упражнению афферентных сигналов с двигательных

звеньев ноги, осуществляющей стопорящую функцию и запускающую механизм последовательного торможения и разгона биомеханических звеньев.

#### ■ Методика исследования

Оценка сопряженности мышечной активности соревновательного и подводящих упражнений проводилась посредством данных поверхностной электромиографии. Этот подход позволяет сравнить организацию двигательного действия на основе работы мышц, их амплитудных и временных характеристик биоэлектрической активности, совместного взаимодействия между собой [9]. Поскольку эффективность проявления механизма последовательного торможения и разгона в значительной мере определяется жесткостью постановки левой ноги на опору, то это состояние реализуется как за счет большого угла в коленном суставе, так и предварительного напряжения мышц, обеспечивающих требуемые условия запирания коленного и голеностопного суставов. В связи с этим осуществлялась запись электрической активности мышц, осуществляющих эту функцию: прямой мышцы бедра (*m. rectus femoris*), наружной головки икроножной мышцы (*m. gastrocnemius, caput laterale*) и передней большеберцовой мышцы голени (*m. tibialis anterior*) [10, 11]. Для регистрации параметров биоэлектрической активности мышц использовался мобильный аппаратно-программный комплекс Delsys Trigno Lab (Delsys, Inc., Massachusetts, U.S.A) с беспроводными накожными датчиками [12].

Запись электрической активности исследуемых мышц осуществлялась в двух видах бросков соревновательного отягощения (800 г) с места и в восьми модельных подводящих упражнениях, основная идея реализации которых состояла в формировании у испытуемых проприоцептивных ощущений в мышцах левой конечности, адекватных соревновательному упражнению. Подобная задача решалась с помощью различного вида внешних воздействий партнера на испытуемого, реализация которых происходила посредством медленного жима или быстрого толчка, а также тяги резиновым жгутом на уровне плеч и таза. В качестве исходного положения были выбраны две позиции: ноги параллельны и левая нога впереди в упор (рисунок 1). Во всех упражнениях с противодействием партнеру целевая установка настраивалась на сохранение первоначальной конструкции двигательных звеньев спортсмена в течение всего двигательного задания.

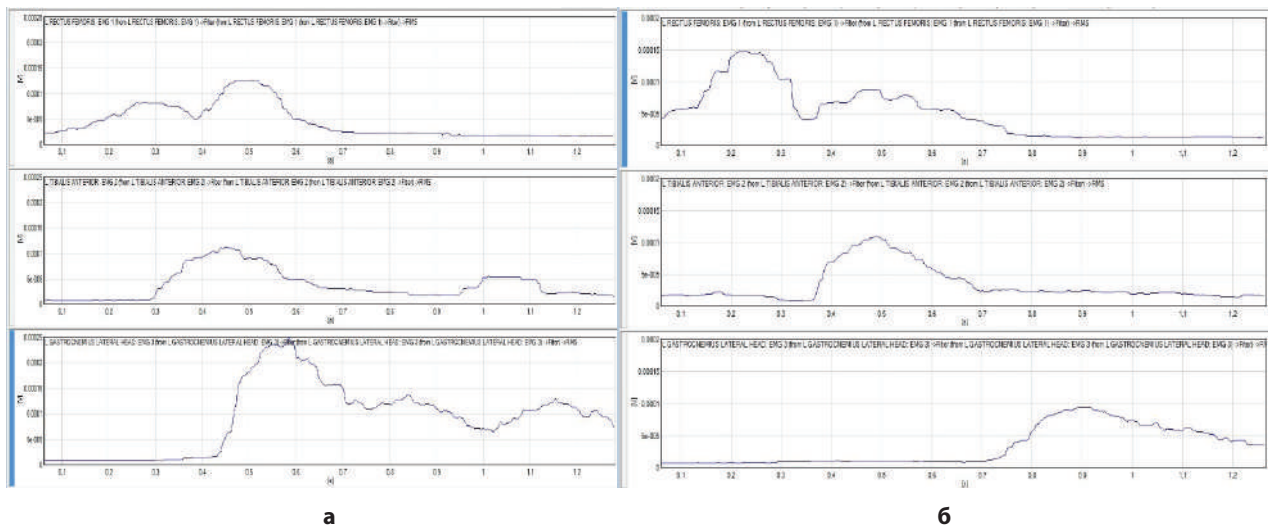
#### ■ Основная часть

Одна из частных задач исследования состояла в определении различий в биоэлектрической активности изучаемых мышц при выполнении броска с места с различными двигательными установками.

Первая из них нацеливала метателя на реализацию двигательного задания на основе рационального формирования технических действий этого элемента соревновательного упражнения, то есть на по-



**Рисунок 1. – Исходные положения подводящих упражнений:**  
 а – ноги параллельны, б – левая нога впереди, в упор (тяга на уровне плеч), в – тяга на уровне таза



**Рисунок 2. – Электромиографическая характеристика броска с места с упором (а) и без упора (б):**  
 верхний график – прямая мышца бедра (*m. rectus femoris*),  
 средний – передняя большеберцовая мышца голени (*m. tibialis anterior*),  
 нижний – наружная головка икроножной мышцы (*m. gastrocnemius, caput laterale*)

строение требуемого кинематического механизма (рисунок 2 а), а вторая сознательно настраивала на моделирование приоритетных действий метаящей руки (рисунок 2 б).

Сравнение двух вариантов броска показывает, что выявленные отличия проявляются как на уровне биоэлектрической активности рассматриваемых мышц, так и характере их временной последовательности включения в работу. Причем в большей степени это характеризует работу мышц голеностопного сустава, поскольку прямая мышца бедра в обоих случаях первой проявляет свою значительную активность. В целом это отвечает логике формирования данного элемента, так как качество построения

кинематического механизма передачи количества движения с нижних звеньев на вышеразположенные во многом зависит от особенностей конструкции всей биомеханической цепи левой ноги, совершенство которой во многом определяется функцией этой мышцы.

В показателях биоэлектрической активности мышц голеностопного сустава обнаруживаются следующие характерные отличия: в рациональном исполнении временная задержка включения мышц в работу составляет порядка 100–110 мс, а в модельном около 350 (рисунок 2), максимальная амплитуда сигнала *m. gastrocnemius, caput laterale* в первом случае составляет 211,4 мкВ, а во втором – 94,1 мкВ; *m. tibialis*

Таблица – Характеристика биоэлектрической активности исследуемых мышц в различных двигательных заданиях

Упражнения, мышцы	Показатели		
	Максимальная амплитуда, мкВ	Средняя амплитуда, мкВ	Плотность, отн.ед.
1. Бросок с места с упором m. rectus femoris m. gastrocnemius, caput laterale m. tibialis anterior	167,5 211,4 130,6	85,9 120,5 55,9	0,5 0,6 0,4
2. Бросок с места без упора m. rectus femoris m. gastrocnemius, caput laterale m. tibialis anterior	146,4 94,1 108,4	75,3 57,2 45,6	0,5 0,6 0,4
3. И.П. – ноги параллельны, без упора, быстрое воздействие m. rectus femoris m. gastrocnemius, caput laterale m. tibialis anterior	91,4 57,7 88,6	60,2 37,5 57,4	0,7 0,7 0,7
4. И.П. – ноги параллельны, с упором, медленное воздействие m. rectus femoris m. gastrocnemius, caput laterale m. tibialis anterior	36,5 122,4 93,2	20,4 69,0 23,5	0,6 0,3 0,6
5. И.П. – ноги параллельны, с упором, быстрое воздействие m. rectus femoris m. gastrocnemius, caput laterale m. tibialis anterior	30,6 163,7 21,8	18,0 80,0 15,5	0,6 0,5 0,7
6. И.П. – левая нога впереди, быстрое воздействие m. rectus femoris m. gastrocnemius, caput laterale m. tibialis anterior	32,5 192,3 78,1	16,6 37,2 46,1	0,5 0,2 0,6
7. И.П. – ноги параллельны, упор, тяга резиновым жгутом на уровне таза m. rectus femoris m. gastrocnemius, caput laterale m. tibialis anterior	24,9 126,0 119,6	15,3 47,4 32,3	0,6 0,4 0,3
8. И.П. – левая нога впереди, тяга резиновым жгутом на уровне таза m. rectus femoris m. gastrocnemius, caput laterale m. tibialis anterior	19,6 159,6 82,9	14,3 75,7 29,2	0,7 0,5 0,4
9. И.П. – ноги параллельны, упор тяга резиновым жгутом на уровне груди m. rectus femoris m. gastrocnemius, caput laterale m. tibialis anterior	17,4 92,3 89,2	13,2 40,1 43,8	0,8 0,4 0,5
10. И.П. – левая нога впереди, тяга резиновым жгутом на уровне груди m. rectus femoris m. gastrocnemius, caput laterale m. tibialis anterior	40,4 150,8 95,7	13,9 73,9 38,3	0,3 0,5 0,4

anterior – 130,6 и 108,4 мкВ (таблица). Следует также отметить, что в первом варианте броскового движения градиент нарастания биоэлектрической активности у рассматриваемых мышц составляет соответственно 1918 и 866 мкВ/с, а во втором – 771 и 470 мкВ/с. Представленные количественные показатели разворачивания двигательных действий под влиянием различных установок убедительно свидетельствуют о биомеханических преимуществах первого варианта, в большей мере соответствующего как временным, так и качественным требованиям построения двигательной конструкции двухопорного периода финального разгона в метании копья.

Анализ характера биоэлектрической активности исследуемых мышц при выполнении подводящих упражнений убедительно свидетельствует об их позитивных возможностях в формировании адекватных представлений о характере работы левой ноги при организации первичного контакта метателя с опорой. При этом была отмечена возможность целенаправленного управления этим процессом посредством изменения как исходного положения метателя, так и свойствами внешнего воздействия. Следует отметить, что во всех без исключения подводящих упражнениях величина максимальной амплитуды прямой мышцы бедра значительно ниже контрольного показателя, составляющего в броске с места 167,5 мкВ, а в модельных двигательных заданиях варьирующего от 17,4 до 40,4 мкВ (таблица). Это аргументируется тем обстоятельством, что в первом случае активность мышцы отражает процесс фиксации коленного сустава левой ноги, в то время как в подводящих упражнениях его замыкание определяется уже исходным положением спортсмена и сохранение позиции требует в данном случае минимального мышечного напряжения. Тем не менее даже более слабый сигнал



указывает на адекватную реакцию данной мышцы на попытку изменить исходное состояние двигательной системы.

Степень включения в работу латеральной головки икроножной мышцы в целом также не превышает величину контрольного упражнения. Уровень ее активизации варьирует в модельных действиях от 43 до 91 % по сравнению с величиной, зарегистрированной в броске с места. Причем в позициях, где использовалась параллельная расстановка ног, размах колебаний составляет 43–78 % от контрольного, а с выраженным упором левой ногой – 71–91 %. Также более высокая активность регистрируется при увеличении скорости воздействия на метателя. Например, при медленном воздействии в четвертом задании максимальная амплитуда составляет 122,4 мкВ, а при повышении его активности – 163,7 мкВ (таблица 1). Следует заметить, что меньший электрический ответ наружной головки икроножной мышцы, как, впрочем, и передней большеберцовой мышцы, определяются исходными условиями образования контакта левой ноги с опорой. В броске с места это происходит на определенной скорости движения биомеханической цепи, пространственная конструкция которой выстроена с учетом реализации ее эффективного торможения. Это и вызывает значительную активизацию рабочих мышц, ответственных за формирование начальной фазы кинематического механизма. Подводящие же упражнения характеризуются постоянным контактом левой стопы с опорой, исключающим дополнительное динамическое воздействие на специфические мышечные группы. Его роль принимают на себя целенаправленные и управляемые действия партнера.

Передняя большеберцовая мышца голени более высокую активность, варьирующую в различных упражнениях от 65 до 92 % от исходной величины, проявляет в двигательных заданиях с медленным характером нарастания внешнего усилия, а также с реализацией упора левой ногой (таблица 1). В упражнении с быстрым воздействием этот показатель составляет всего лишь 17 %, что также объясняется анатомическими и функциональными условиями ее включения в работу.

### ■ Заключение

Качественное совершенствование научных методов изучения спортивных действий позволяет как уточнить и дополнительно аргументировать уже выявленные свойства перемещающих соревновательных и подводящих движений с разгоном

спортивного снаряда, так и раскрыть их новые конструкционные особенности и тренирующие воздействия. В связи с этим исследование биоэлектрической активности специфических мышц метателей копья, ответственных за построение начальной фазы кинематического механизма, позволило аргументировать целесообразность предварительного формирования необходимых двигательных ощущений на основе внешних воздействий партнера. Анализ показал возможность управления требуемой мышечной активностью в подводящих упражнениях посредством изменения исходного положения метателя, степени воздействия внешней силы, точкой ее приложения, характером двигательной установки. Полученные результаты создают предпосылки для совершенствования методики обучения бросковым двигательным действиям на основе их логико-функциональной конструкции.

### ■ ЛИТЕРАТУРА

1. Тутевич, В. Н. Теория спортивных метаний / В. Н. Тутевич. – М. : Физкультура и спорт, 1970. – 312 с.
2. Шалманов, А. А. Методологические основы изучения двигательных действий в спортивной биомеханике : дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.04 / А. А. Шалманов ; ГЦОЛИФК. – М., 2002. – 334 с.
3. Назаров, В. Т. Движения спортсмена / В. Т. Назаров. – Минск : Польша, 1984. – 176 с.
4. Матвеев, Е. Н. Экспериментальное обоснование применения специальных упражнений для развития скоростно-силовых качеств у метателей копья : автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / Е. Н. Матвеев ; ГЦОЛИФК. – М., 1967. – 21 с.
5. Боровая, В. Л. Пути повышения рациональности техники метания копья / В. Л. Боровая, Г. И. Нарский, Е. П. Врублевский // Мир спорта. – 2011. – № 44. – С. 3–7.
6. Жилкин, А. И. Легкая атлетика : учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / А. И. Жилкин, В. С. Кузьмин, Е. В. Сидорчук. – М. : Академия, 2003. – 464 с.
7. Легкая атлетика : учебник / под ред. Н. Н. Чеснокова, В. Г. Никушкина. – М. : Физическая культура, 2010. – 448 с.
8. Жилкин, А. И. Теория и методика легкой атлетики : учеб. для студ. учреждений высш. образования / А. И. Жилкин, В. С. Кузьмин, Е. В. Сидорчук. – 8-е изд., стер. – М. : Академия, 2016. – 464 с.
9. Персон, Р. С. Электромиография в исследованиях человека / Р. С. Персон. – М. : Наука, 1969. – 211 с.
10. Биомеханические основы техники прыжка в длину / В. В. Тюпа [и др.]. – М. : ТВТ Дивизион, 2011. – 128 с.
11. Kakihana, W. The EMG Activity and Mechanics of the Running Jump as a Function of Take off Angle / W. Kakihana, S. Suzuki // Journal of Electromyography and Kinesiology. – 2001. – Vol. 11. – P. 365–372.
12. Дорожко, А. С. Метод поверхностной электромиографии как средство контроля технической подготовленности высококвалифицированных биатлонистов / А. С. Дорожко, Д. И. Гусейнов // Мир спорта. – 2020. – № 2 (79). – С. 29–33.

15.06.2022