

# МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СПОРТА

## ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИН ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ ПРИ МЕТАНИИ МОЛОТА ПОСЛЕ ТРЕНИРОВОК В УСЛОВИЯХ ВЕРТИКАЛЬНОЙ УПРУГОЙ СВЯЗИ

Г.И. ПОПОВ, Х. СОНГ,  
РУС «ГЦОЛИФК», г. Москва

### Аннотация

В статье исследуются возможности воздействия вертикальной упругой связи (ВУС) на изменение параметров вращения метателей молота. Использованы инструментальные методики: скоростная пространственная видеоциклография и динамография; проведен педагогический эксперимент; использованы методы непараметрической статистики. Исследование проводилось в Китае в течение 4 месяцев с метателями молота 2 спортивного разряда. Доказано, что ВУС является тренировочным приспособлением, способствующим перераспределению энергии механического движения тела и звеньев тела при вертикальных перемещениях в механическую энергию вращательного движения тела метателя молота. В ходе выполнения соревновательного упражнения показан достоверный рост угловой скорости вращения молота в экспериментальной группе, а также выявлен достоверный прирост угловых скоростей вращения таза и плеч метателя молота. После тренировок с использованием ВУС было показано, что линейная скорость вылета молота достоверно увеличивается.

**Ключевые слова:** метание молота, мужчины, вертикальная упругая связь, угловая скорость вращения тела, угловая скорость вращения шара молота, линейная скорость вылета молота.

## REDISTRIBUTION OF THE VALUES OF THE PARAMETERS OF MECHANICAL MOVEMENT DURING HAMMER THROWING AFTER TRAINING IN CONDITIONS OF VERTICAL ELASTIC COUPLING

G.I. POPOV, H. SONG,  
RUS «GTSOLIFK», Moscow city

### Abstract

The article explores the possibilities of the effect of vertical elastic coupling (VUS) on changing the rotation parameters of hammer throwers. Instrumental techniques were used: high-speed spatial video cyclography and dynamography; a pedagogical experiment was conducted; nonparametric statistical methods were applied. The study was conducted in China for 4 months with hammer throwers of the 2<sup>nd</sup> sports category. It is proved that VUS is a training device that promotes the redistribution of the energy of the mechanical movement of the body and body links during vertical movements into the mechanical energy of the rotational movement of the hammer thrower's body. During the competitive exercise, a significant increase in the angular velocity of rotation of the hammer was observed in the experimental group, as well as a significant increase in the angular velocity of rotation of the pelvis and shoulders of the hammer thrower. After training with the VUS, it was shown that the linear velocity of the hammer's departure significantly increases.

**Keywords:** hammer throwing, men, vertical elastic coupling, angular velocity of body rotation, angular velocity of hammer ball rotation, linear velocity of hammer departure.

### Введение

Метание молота относится к скоростно-силовым видам спорта. Биомеханические исследования в данном виде проводятся по широкому спектру задач [1–6]. Есть мнение, что «построение системы физической подготовки в скоростно-силовых видах спорта в контексте соотношения «сила – быстрота» целесообразно осуществлять через второй компонент (быстрота)» [7]. При этом атлеты, об-

ладающие более высоким уровнем развития быстроты, в большей степени перспективны в росте спортивных результатов, в том числе и в метании молота.

В силу указанных предположений в тренировочном процессе метателей можно использовать технические средства, которые напрямую воздействуют на рост скоростных качеств. Эти средства, и прежде всего тре-



нирочные приспособления, в своем динамическом воздействии на спортсменов должны обладать элементами с явно выраженными рекуперационными свойствами, т.е. способными накапливать энергию в одних фазах двигательного действия, а отдавать эту энергию спортсмену в других, основных фазах выполняемого упражнения. Такие технические средства существуют и были проверены на эффективность в ряде видов спорта [8–19].

**Цель исследования** – проверить воздействие вертикальной упругой связи на параметры двигательных действий метателей молота и выявить перераспределение разных видов механического движения в ходе выполнения упражнения.

### Методика и организация исследования

Экспериментальные исследования были проведены в Китае на примере двух мужских команд метателей молота – из провинции Шеньси и города Сиань.

Были созданы две группы – экспериментальная (ЭГ) и контрольная (КГ) по 5 спортсменов в каждой. Возраст испытуемых в ЭГ составил 16–20 лет, в КГ – 16–19 лет; квалификация – 2 спортивный разряд в метании молота. В тренировках КГ вертикальная упругая связь не применялась. Тренировочные занятия ЭГ проводились с использованием ВУС три раза в неделю по принципу круговой тренировки. Длительность педагогического эксперимента составила 4 месяца.

Вертикальная упругая связь была реализована следующим образом: к клетке для метания была приварена консоль, к которой крепился один конец связи (набор резиновых шнуров), а второй конец – к поясу на теле метателя (рис. 1).

При проведении эксперимента использовались инструментальные методики измерений: пространственная скоростная видеоциклография с частотой съемки



**Рис. 1.** Рабочий момент эксперимента по метанию молота в условиях вертикальной упругой связи

170 кадров/с и динамография (метод исследования мышечной деятельности) с использованием динамографической платформы фирмы “Kistler”.

### Результаты исследования и их обсуждение

Показатели технических действий метателей молота после проведения педагогического эксперимента приведены в табл. 1. Параметры и направленность их анализа были выбраны с определенной целью – понять, что при выполнении технических действий в процессе самого метания ВУС позволяет изменить технические действия метателя молота.

Таблица 1

**Изменение характеристик метания молота в естественных условиях после эксперимента в обеих группах спортсменов**

Параметр	ЭГ (n = 5)	КГ (n = 5)	U-критерий Манна – Уитни	P
Одноопорная фаза (с)	1,01	1,05	93	< 0,43
Двухопорная фаза (с)	0,96	1,05	86	< 0,29
Угловая скорость вращения молота (рад/с)	636,9	613,44	50	< 0,01
Угловая скорость вращения таза относительно оси вращения (рад/с)	627,2	595,2	46	< 0,006
Угловая скорость вращения плеч относительно вертикальной оси (рад/с)	634,3	605,8	49	< 0,001
Горизонтальная скорость перемещения ОЦМ в процессе вращения (м/с)	1,29	1,14	37	< 0,002
Угол коленного сустава правой ноги (градус)	93,7	103,6	15	< 0,0005
Угол коленного сустава левой ноги (градус)	122,2	127,1	33	< 0,001

Методика подготовки метателей была построена таким образом, что тренировочные упражнения с применением вертикальной упругой связи испытуемые ЭГ выполняли три дня в недельном микроцикле. Поскольку тренировочные занятия в этой группе строились по принципу круговой тренировки, каждому из пяти испытуемых удавалось выполнять за одно занятие от 15 до 20 попыток метания молота.

Вращательное движение молота создается метателем в одноопорной фазе, а взаимодействие тела метателя с кругом для метания – в двухопорной фазе. Длительность этих фаз на третьем обороте у участников обеих групп после окончания эксперимента статистически не отличается. Это свидетельствует о том, что применение ВУС не изменило параметры техники выполнения оборотов, что является положительным фактом, поскольку



это позволяет метателю максимально использовать динамику опорного взаимодействия для разгона снаряда.

Установленными факторами воздействия вертикальной упругой связи являются:

- достоверный рост угловой скорости вращения молота;
- достоверный рост угловых скоростей таза и плеч метателя, что обеспечивает прирост угловой скорости вращения самого молота;
- прирост горизонтальной скорости перемещения общего центра масс тела метателя в горизонтальной плоскости. Это является естественным следствием ускорения вращательных движений тела метателя.

Положительные результаты использования ВУС объясняются следующими причинами.

✓ Когда спортсмен выполняет попытки метания в условиях ВУС, сама связь выполняет роль вертикальной оси, вокруг которой метатель производит вращение, а за счет этого происходит стабилизация двигательных действий, выстраиваемая вокруг естественной оси. Создаются более стабильные условия для формирования навыка выполнения вращательных движений. При последующих повторениях этот навык будет закрепляться в двигательной (моторной) коре головного мозга через формирование новой двигательной программы.

✓ Финальное усилие метателя при выпуске молота формируется на предшествующих ему поворотах и является их продолжением; оно выполняется по максимально возможному радиусу вращения молота при сохранении вертикальной оси вращения [7].

✓ Как видно из табл. 1, вращение метателей ЭГ происходит при меньших углах сгибания в коленных суставах обеих ног, т.е. при входе на очередной поворот они находятся в большем приседе, чем участники КГ; это означает, что увеличивается радиус вращения шара молота. При увеличении угловой скорости вращения и радиуса вращения возрастает линейная скорость движения шара молота.

✓ При построении тренировочного процесса метателя через развитие быстроты совершения его двигательного действия она растет за счет большего задействования

медленно сокращающихся, невосприимчивых к утомлению двигательных единиц типа «S». Но в работе [20] показано, что при направленном воздействии на двигательные единицы типа «S», отвечающие за скоростные показатели сократимости мышц, в мышечное сокращение обязательно вовлекаются и быстросокращающиеся, невосприимчивые к утомлению двигательные единицы типа «FR», которые отвечают за силовой компонент мышечной работы. В работе [3] показан процент вовлеченности указанных двигательных единиц в процесс сокращения различных мышц при метании молота.

По окончании педагогического эксперимента средняя скорость вылета молота составила в ЭГ:  $24,87 \pm 2,02$  м/с; в КГ:  $22,58 \pm 1,5$  м/с. Сравнение этих результатов по *U*-критерию Манна – Уитни дало оценку  $U = 35$  при  $p < 0,001$  и свидетельствовало о достоверном различии в пользу участников ЭГ.

### Выводы

Вертикальная упругая связь является тренировочным приспособлением, способствующим перераспределению энергии механического движения тела и звеньев тела метателя при вертикальных перемещениях в механическую энергию его вращательного движения; это происходит за счет того, что часть вертикальной работы по перемещению тела метателя «берет» на себя сама упругая связь.

Четырехмесячный педагогический эксперимент тренировки с использованием вертикальной упругой связи обеспечил метателям экспериментальной группы:

- достоверный рост угловой скорости вращения молота в соревновательных попытках;
- достоверный прирост угловой скорости вращения таза и плеч метателя молота, что является положительным трендом в их техническом совершенствовании.

Во вращательных двигательных действиях более низкая посадка тела метателя позволяет увеличивать радиус вращения шара молота, что наряду с ростом угловой скорости вращения шара способствует увеличению его линейной скорости при выпуске снаряда, а значит, и росту результативности метания.

### Литература

1. Judge L. Key elements of hammer biomechanics. The 16<sup>th</sup> International Track & Field Coaches Association Congress Proceedings. – 2004. – Pp. 182–184.
2. Gutiérrez M., Soto V.M., Rojas F.J. A biomechanical analysis of the individual techniques of the hammer throw finalists in the Seville Athletics World Championship 1999. – New Studies in Athletics, 2002. – 17 (2). – Pp. 15–26.
3. Gerasimos T., Konstantinos S., Stavros K., Panagiota M. and Giorgos G. Muscle fibre type composition and body composition in hammer throwers // Journal of Sports Science and Medicine. – 2010. – No. 9. – Pp. 104–109.
4. Kenichi H., Keigo O.B., Kei M., Mitsugi O. The relationship between the duration time of turn and the throwing record in the men's hammer throw // 34<sup>th</sup> International Conference on Biomechanics in Sports, Tsukuba, July 2016. – Pp. 18–22.
5. Wang Y., Wan B., Gongbing S. A wireless sensor system for biofeedback training of hammer throwers // SpringerPlus. – 2016. – No. 5. – Pp. 1–14.
6. Gutierrez-Davila M. A biomechanical analysis of the individual technique of the hammer throw finalists in the Seville Athletics World Championship 1999. New Studies in Athletics, 2002. – No. 17 (2). – Pp. 15–26.



7. Масловский Е.А., Стадник Б.М., Загrevский В.И. Биомеханика с позиции кинезиологии. – Пинск: ПолесГУ, 2012. – 254 с.
8. Добровольский С.С. Теория и методические перспективы программирования двигательных действий спринтерского бега в управляемой искусственной среде: автореф. дисс. ... докт. пед. наук. – М., 1995. – 49 с.
9. Кряжев В.Д., Карпов В.Ю., Попов Г.И. Изменение биомеханических и биоэнергетических показателей бега при воспроизведении рекордных режимов в условиях вертикального тягового усилия, приложенного к телу бегуна // Актуальные вопросы биомеханики спорта: Межвузовский сб. науч. трудов. – Смоленск: Смоленский ГИФК, 1985. – С. 61–65.
10. Ратов И.П. Биомеханические технологии подготовки спортсменов: монография / И.П. Ратов, Г.И. Попов, А.А. Логинов, Б.В. Шмонин. – М.: Физкультура и Спорт, 2007. – 120 с.
11. Хитров В.Д. Специальная подготовка лыжников-гонщиков с использованием упражнений, выполняемых в искусственных условиях: автореф. дисс. ... канд. пед. наук. – М., 1983. – 17 с.
12. Попов Г.И. Управление формированием и совершенствованием двигательных действий спортсменов: монография. – М.: Изд-во Триумф, 2022. – 400 с.
13. Карпов В.Ю., Кряжев В.Д. Метод формирования техники бега с рекордной скоростью на основе воспроизведения режимов сверхнапряжённой соревновательной деятельности в искусственно созданных условиях // Управление двигательной деятельностью спортсменов с использованием технических средств и тренажеров: межвузовский сб. науч. трудов. – Тула: Тульский гос. пед. ин-т им. Л.Н. Толстого, 1989. – С. 16–26.
14. Кряжев В.Д., Карпов В.Ю., Попов Г.И. Изменение биомеханических и биоэнергетических показателей бега при воспроизведении рекордных режимов в условиях вертикального тягового усилия, приложенного к телу бегуна // Актуальные вопросы биомеханики спорта: межвузовский сб. науч. трудов – Смоленск: Смоленский ГИФК, 1985. – С. 61–65.
15. Максимов М.А. Методические приемы использования искусственно созданной скорости и их эффективность в подготовке лыжников-гонщиков: автореф. дисс. ... канд. пед. наук. – М., 1991. – 24 с.
16. Ратов И.П., Попов Г.И. Управление изменениями параметров спортивных движений с использованием упругих рекуператоров энергии // Теория и практика физической культуры. – 1987. – № 5. – С. 32–35.
17. Свечкарёв В.Г., Геращенко А.С., Свечкарёва Л.Н. Современная стратегия совершенствования двигательных возможностей человека посредством автоматизированных систем управления // Новые технологии. – 2010. – № 1. – С. 96–98.
18. Черкесов Ю.Т. Проблема и методические возможности детерминации режимов силового взаимодействия спортсменов с объектами управляющей предметной среды: дисс. ... докт. пед. наук в виде научного доклада. – М., 1993. – 63 с.
19. Шмонин Б.В. Методические приемы реализации целевых двигательных заданий с использованием велотренажера адаптивного типа: автореф. дисс. ... канд. пед. наук. – М., 1986. – 22 с.
20. Stuart D.G., Enoka R.M. Motoneurons, motor units and size principle / The Clinical New Sciences // R.N. Rosenberg, Ed. – New York, 1983. – Pp. 471–517.

### References

1. Judge L. Key elements of hammer biomechanics. The 16<sup>th</sup> International Track & Field Coaches Association Congress Proceedings. – 2004. – Pp. 182–184.
2. Gutiérrez M., Soto V.M., Rojas F.J. A biomechanical analysis of the individual techniques of the hammer throw finalists in the Seville Athletics World Championship 1999. – New Studies in Athletics, 2002. – 17 (2). – Pp. 15–26.
3. Gerasimos T., Konstantinos S., Stavros K., Panagiota M. and Giorgos G. Muscle fibre type composition and body composition in hammer throwers // Journal of Sports Science and Medicine. – 2010. – No. 9. – Pp. 104–109.
4. Kenichi H., Keigo O.B., Kei M., Mitsugi O. The relationship between the duration time of turn and the throwing record in the men's hammer throw // 34<sup>th</sup> International Conference on Biomechanics in Sports, Tsukuba, July 2016. – Pp. 18–22.
5. Wang Y., Wan B., Gongbing S. A wireless sensor system for biofeedback training of hammer throwers // SpringerPlus. – 2016. – No. 5. – Pp. 1–14.
6. Gutierrez-Davila M. A biomechanical analysis of the individual technique of the hammer throw finalists in the Seville Athletics World Championship 1999. – New Studies in Athletics, 2002. – No. 17 (2). – Pp. 15–26.
7. Maslovskiy E.A., Stadnik B.M., Zagrevskiy V.I. Biomechanics from the perspective of kinesiology. – Pinsk: PolesSU Publ., 2012. – 254 p.
8. Dobrovolskiy S.S. Theory and methodological perspectives of programming the motor actions of sprinting in a controlled artificial environment: Abstract. Diss. Doctor of Pedagogical Sciences. – Moscow, 1995. – 49 p.
9. Kryazhev V.D., Karpov V.Yu., Popov G.I. Changes in biomechanical and bioenergetic running parameters when reproducing record conditions under vertical traction applied to the runner's body // Actual issues of biomechanics of sports: Interuniversity Collection of scientific works. – Smolensk: Smolenskiy GIFK, 1985. – Pp. 61–65.
10. Ratov I.P. Biomechanical technologies of athletes' training / I.P. Ratov, G.I. Popov, A.A. Loginov, B.V. Shmonin: Monograph. – Moscow: Physical Culture and Sport, 2007. – 120 p.
11. Khitrov V.D. Special training of ski racers using exercises performed in artificial conditions: Abstract. Diss. Ph.D. of Pedagogical Sciences. – Moscow, 1983. – 17 p.
12. Popov G.I. Management of formation and improvement of motor actions of athletes: monograph. – Moscow: Publishing House Triumph, 2022. – 400 p.



13. Karpov V.Yu., Kryazhev V.D. Method of formation of running technique with record speed based on reproduction of modes of overstressed competitive activity in artificially created conditions // Management of motor activity of athletes using technical means and simulators: Interuniversity collection of scientific works. – Tula: Tula State Pedagogical Institute named after L.N. Tolstoy, 1989. – Pp. 16–26.

14. Kryazhev V.D., Karpov V.Yu., Popov G.I. Changes in biomechanical and bioenergetic indicators of running in the reproduction of record modes in the conditions of vertical traction effort applied to the body of a runner // Actual issues of biomechanics of sport: Interuniversity collection scientific works. – Smolensk: Smolensk GIFK, 1985. – Pp. 61–65.

15. Maksimov M.A. Methodological methods of using artificially created speed and their effectiveness in the training of skiers-racers: Abstract. Diss. Ph.D. of Pedagogical Sciences. – Moscow, 1991. – 24 p.

16. Ratov I.P., Popov G.I. Management of changes in the parameters of sports movements with the use of elastic

energy recuperators // Theory and Practice of Physical Culture. – 1987. – No. 5. – Pp. 32–35.

17. Svecharyov V.G., Gerashchenko A.S., Svecharyova L.N. Modern strategy for improving the motor capabilities of a person through automated control systems. – 2010. – No. 1. – Pp. 96–98.

18. Cherkosov Yu.T. The problem and methodological possibilities of determining the modes of force interaction of athletes with objects of the governing subject environment: Diss. Doctor of Pedagogical Sciences in the form of a scientific report. – Moscow, 1993. – 63 p.

19. Shmonin B.V. Methodological methods for the implementation of target motor tasks using an adaptive type velotrainer: Abstract. Diss. Ph.D. of Pedagogical Sciences. – Moscow, 1986. – 22 p.

20. Stuart D.G., Enoka R.M. Motoneurons, motor units and size principle / The Clinical New Sciences / R.N. Rosenberg, Ed. – New York, 1983. – Pp. 471–517.

