

# МЕХАНИЗМЫ И СТРУКТУРА ЛОКАЛЬНОГО БРОСКОВОГО ДЕЙСТВИЯ



## Го Вэнь Сюэ

магистр пед. наук,  
Белорусский  
государственный  
университет  
физической культуры



## Позюбанов Э.П.

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



## Меджидов Б.И.

Азербайджанская  
государственная  
академия физического  
воспитания и спорта

В статье рассмотрены механизмы и структура локального броскового действия, организованного участием в нем только двигательных звеньев руки и выполненного с разными условиями реализации этой координации. Данный прием в определенной степени способствует выделению, а также определению вклада различного рода механизмов в достижение целевого итога поставленной двигательной задачи. Подобная информация о характере развертывания различных сторон специализированного процесса всегда актуальна для специалистов, занимающихся как практическими, так и теоретическими вопросами формирования перемещающих баллистических действий. Ее аналитическое рассмотрение способствует повышению качества управляющих решений при совершенствовании сложной системы разгона снаряда в бросковых действиях.

**Ключевые слова:** перемещающие движения, бросковое действие, финальный разгон, структура броска, кинематические характеристики, механизм, двигательная установка.

## MECHANISMS AND STRUCTURE OF THE LOCAL THROWING ACTION

The article considers the mechanisms and structure of a local throwing action, realized by participation of only the motor links of the hand and with different conditions for this coordination implementation. This technique contributes to a certain extent to the allocation, as well as to determination of various types of mechanisms contribution to the achievement of the target outcome of the assigned motor task. Such information on the nature of deployment of the various parts of the specialized process is always relevant for specialists dealing with both practical and theoretical issues of the displacing ballistic actions formation. Its analytical consideration contributes to improving the quality of control solutions when improving the complex projectile acceleration system in throwing actions.

**Keywords:** displacing movements; throwing action; final acceleration; throwing structure; kinematic characteristics; mechanism; motor set.

**Введение.** Метательные или бросковые действия, определяющие сущность соревновательного упражнения в ряде легкоатлетических дисциплин, по своей ведущей цели относятся к группе рабочих, так как являются специфическими элементами спортивной деятельности и требуют специального обучения и квалифицированного исполнения [1]. В биомеханическом аспекте двигательная задача подобных координаций чаще всего состоит в разгоне специализированных снарядов до максимальной скорости перемещения и соответствующей ориентации их продольной и поперечных осей [2]. Поскольку продолжительность активных фаз подобных действий чрезвычайно мала, например, время финального разгона в легкоатлетических метаниях варьирует в пределах 300–400 миллисекунд, то для них характерен принцип прямого программного управления, свойственный быстрым баллистическим движениям, реализация которых завершается

ранее, чем к соответствующим центрам головного мозга успевают прийти информация от исполнительного аппарата [3, 4]. Это накладывает очень жесткие требования как на качество конструкции рассматриваемых двигательных действий, так и на процесс их соревновательной реализации, которые во многом определяются начальными условиями формирования системно-структурных свойств бросковых координаций.

В связи с широким использованием движений подобного типа в спортивной практике, а по способу построения к ним также можно отнести и перемещение снарядов за счет ударного взаимодействия [2], весьма объясним научный интерес к вопросам построения, функционирования и управления этими двигательными проявлениями в различных видах спорта [5–8]. В настоящее время благодаря комплексному рассмотрению значительного экспериментального материала, накопленного в этой области исследова-



Рисунок 1. – Бросковое действие с замахом: а – исходное положение, б – замах, в – выпуск снаряда

дования, убедительно показано, что базовые механизмы построения организационных структур бросковых и ударных действий во многом совпадают и практически идентичны независимо от силы удара или дальности броска [9], а «основные организационные принципы бросковых и ударных движений не зависят от пола и возраста исполнителя, а также от того, в каком направлении выполняется движение руки – снизу вверх, в горизонтальной плоскости или в другом направлении» [9].

Однако, несмотря на выявление общих закономерностей организации перемещающих движений баллистического типа, структурная реализация которых в основном базируется на последовательном разгоне и торможении звеньев тела двигательной цепи от проксимального к дистальному (механизм «хлеста») [3], многие частные вопросы этого процесса требуют дополнительного исследования.

С точки зрения кинематики, механизм «хлеста» проявляется в определенном временном соотношении максимальных линейных или угловых скоростей звеньев тела [10]. Так, например, анализ двигательного процесса бросков в гандболе, метании мяча и копья показал, что во всех этих действиях имеет место последовательное достижение максимума скоростей от проксимальных частей тела к дистальным [10–12]. Вместе с тем ориентация только на этот показатель не всегда оправдана, поскольку в некото-

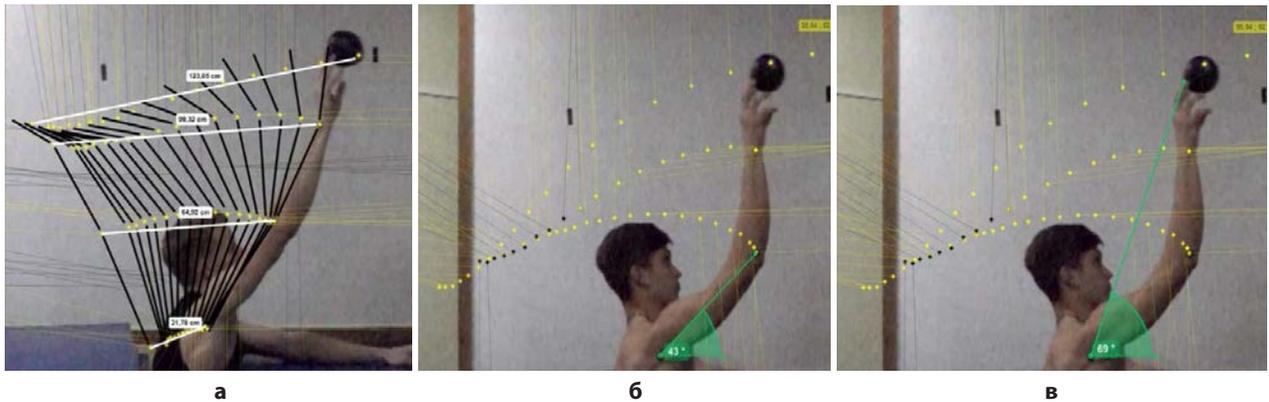
рых работах было определено, что оптимальное временное соотношение между максимумами скоростей звеньев является более важным показателем техники метаний, чем величины самих скоростей [13, 14]. С этих позиций, по мнению А.А. Шалманова [15], конструктивные особенности проявления механизма «хлеста» в зависимости от цели и способа выполнения бросков и ударов остаются в значительной степени малоизученными. Качественного рассмотрения требует и вопрос о составе кинематических механизмов бросковых координаций, определяющих способ достижения максимальной скорости рабочего звена тела в перемещающих действиях.

**Методика.** С целью минимизации состава специализированной системы движений и на основе положений об общности характера построения рассматриваемого класса координаций спортивной деятельности [9] в исследовании рассматривалась упрощенная модель локального броскового дей-

ствия. Предметом исследования явились механизмы и структура работы специализированной кинематической цепи, состоящей из плеча, предплечья и кисти. Двигательное действие было упрощено за счет положения испытуемых лицом в направлении метания и полного выключения нижерасположенных частей тела, обеспеченного посредством внешних ограничений. В данном случае разгон снаряда выполнялся только за счет работы сухожильно-мышечного аппарата плечевого, локтевого и лучезапястного суставов. Рассматривались два варианта разгона снаряда: в первом случае он выполнялся по схеме – исходное положение, предварительный замах (отведение руки назад из исходного положения), разгон снаряда, а во втором – упражнение выполнялось в режиме, при котором рабочая рука отводилась назад, удерживалась там в течение трех секунд, а затем происходило заданное бросковое действие (рисунки 1, 2). Таким образом, исходя из особенностей



Рисунок 2. – Бросковое действие без замаха: а – исходное положение, б – выпуск снаряда



**Рисунок 3. – Исходные данные для расчета временных, пространственных и пространственно-временных показателей: а – общий вид, б – угол плеча, в – угол руки, вертикальная составляющая – длина рычага руки. Временной интервал – 0,01 с**

работы мышечного аппарата [4], из его функционирования в определенной мере удалялось действие упругого компонента сухожильно-мышечного комплекса плечевого сустава и, таким образом, в дальнейшем путем сравнения двух вариантов бросков можно было оценить влияние этого механизма на величину начальной скорости вылета снаряда [15].

В поисковом эксперименте приняли участие два спортсмена, в должной мере владеющие системой двигательных действий, лежащей в основе финального разгона в метании копья (квалификация на уровне второго разряда). Подход на уровне сравнения индивидуальных различий позволил более качественно рассмотреть характерные особенности разноплановых бросков, поскольку таким образом нивелировалось вмешательство значительного количества дополнительных факторов, связанных с анатомо-физиологическими, техническими и психофизическими характеристиками многочисленных испытуемых. Реализация двигательного задания проходила с установкой «добиться максимальной скорости вылета шаровидного отягощения весом 800 грамм». Маркировались центры снаряда, плечевого, локтевого и лучезапястного суставов. Регистрация процесса происходила с помощью скоростной видеосъемки (1000 к/с), данные которой были обработаны с использованием компьютерной программы Kinovea.

Анализировались пространственные, временные и пространственно-временные показатели, отражающие конструктивные особенности реализации двигательных заданий: длительность протекания отдельных движений, угловые параметры относительного положения различных звеньев биомеханической цепи, линейная и угловая скорость перемещения снаряда и выделенных суставов (рисунок 3, таблица). В настоящей работе представлены данные пилотных исследований, позволяющие уже на этом этапе сделать ряд существенных заключений относительно характера двигательной конструкции рассматриваемого броскового действия.

**Результаты исследования.** Анализ пространственного перемещения двигательных звеньев в процессе разгона снаряда в броске с замахом свидетельствует о том, что наибольшее угловое изменение, составляющее в данном случае  $77^\circ$ , мы наблюдаем в плечевом суставе. Величина углового перемещения предплечья при разгибании локтевого сустава составляет  $49^\circ$ , а продольной оси кисти –  $29^\circ$  (таблица). В связи с этим, согласно теории В.Т. Назарова [16], главным управляющим движением в этой координации следует признать сгибание в плечевом суставе, во многом определяющее всю совокупность действий рабочей руки и, в конечном итоге, скорость вылета снаряда. При этом в его работе отчетливо заметны две разнонаправленные по своей цели фазы движения: в первой из них двигательный аппарат сочленения разгоняет биомеханическую цепь всей руки. Следует заметить, что в бросках с замахом этому дополнительно способствует энергия мышечно-сухожильных структур, накопленная посредством их растяжения, конечный вклад которой позволяет увеличить начальную скорость вылета на  $0,8\text{--}1,2$  м/с. Эта фаза продолжается в зависимости от условий исходного положения в течение  $70\text{--}100$  мс, а затем активность переключается на торможение плеча, функционирование которого заканчивается его полной остановкой в обоих видах бросков незадолго до выпуска снаряда. Объективным показателем характера межмышечных взаимодействий в плечевом суставе в процессе всего разгона является динамика линейной скорости перемещения локтевого сустава (рисунки 6, 7). Таким образом, реверсивная деятельность движителей плечевого сустава запускает в системе перемещения рабочей руки реализацию принципа трансмиссии импульса [9].

Дистальный конец предплечья достигает максимума линейной скорости перемещения спустя примерно  $25\text{--}30$  мс относительно проксимального. Однако дальнейшая динамика его скорости не указывает на значительное изменение характера работы движителей локтевого сустава, так как в течение последующих  $60\text{--}70$  мс ее величина не обнаружи-

Таблица – Показатели броскового движения с замахом

Показатели	V <sub>нач.</sub>	Номер кадра																
		17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
V <sub>снаряда</sub> , м/с	<b>16,51</b>	16,23	15,92	14,93	14,70	13,47	11,89	11,55	9,30	8,18	7,21	6,41	5,03	4,77	3,46	3,30	2,73	1,81
V <sub>ЛЗС</sub> , м/с		9,62	9,14	9,93	7,82	9,68	8,93	<b>9,94</b>	7,36	7,30	6,67	5,48	5,46	4,30	4,10	3,70	3,30	2,80
V <sub>ЛС</sub> , м/с		-1,87	0	4,25	4,30	6,00	6,50	6,80	6,70	6,60	<b>7,04</b>	6,16	5,56	5,05	4,80	3,47	3,21	3,05
Длина рычага руки, см		<b>101,4</b>	96,9	90,9	84,2	78,4	72,5	68,7	66,1	63,3	62,2	<b>62,0</b>	63,6	64,4	65,0	67,4	67,9	<b>69,1</b>
Угол руки, °		<b>69</b>	79	<b>88</b>	<b>83</b>	74	75	67	58	50	45	40	34	32	30	27	22	<b>19</b>
V <sub>руки</sub> , °/с		1000	900	900	900	900	800	900	800	500	500	600	200	200	300	500	300	
Угол плеча, °		<b>44</b>	47	50	55	59	65	70	77	83	<b>89</b>	<b>85</b>	79	74	70	66	62	<b>59</b>
V <sub>плеча</sub> , °/с		300	300	500	400	600	500	700	600	600	600	600	500	400	400	400	300	
Угол ЛС,		134	120	114	104	100	85	92	89	86	87	85	89	90	91	94	98	100
V <sub>ЛС</sub> , °/с		1400	600	1000	400	1500	700	300	300	100	200	400	100	100	300	400	200	
Угол ЛЗС, °		179	176	171	166	161	153	154	151	152	150	150	149	155	151	150	146	148
V <sub>ЛЗС</sub> , °/с		300	500	500	500	800	100	300	100	200	0	100	600	400	100	400	200	

Примечание – V – скорость, ЛЗС – лучезапястный сустав, ЛС – локтевой сустав, угол плеча и руки – продольная ось звена (59°–85° движение до вертикали, 89°–44° движение за вертикаль) и цели «плечевой сустав – дистальная фаланга среднего пальца» относительно горизонтали (19°–83° – движение до вертикали, 88°–69° – движение за вертикаль); временной интервал кадров – 0,01 с, выделены максимумы скоростей.

вадет заметного снижения, варьируя в пределах 1 м/с от достигнутого максимума до момента выпуска снаряда (таблица). Здесь следует обратить внимание на одну существенную деталь разгона, механизм которой в большинстве случаев не рассматривается исследователями этого перемещающего действия. На первой стадии сообщения скорости снаряду, в нашем случае ее длительность составила около 70 мс, рабочая конечность сгибается в локтевом суставе, тем самым уменьшая свой рычаг с 0,69 до 0,62 м и инерционные характеристики вращательного движения вокруг оси плечевого сустава. Все последующие действия, осуществляемые посредством ее разгибания в локтевом суставе, суставах кисти и сгибания в лучезапястном суставе, направлены только на увеличение рычага руки (рисунки 3а и 4). Причем следует отметить значительные величины этого приращения, составляющие при качественном исполнении двигательного действия порядка 0,40 м (таблица). Отсюда сохранение линейной скорости перемещения дистального конца предплечья, на основе которого и происходит определенное увеличение длины рычага руки (рисунок 4), играет важную роль в реализации принципа пути приложения силы [9].

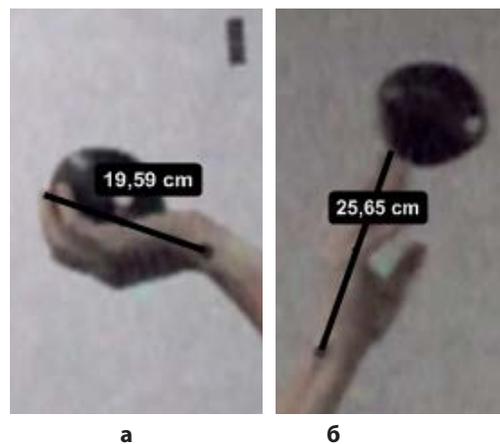
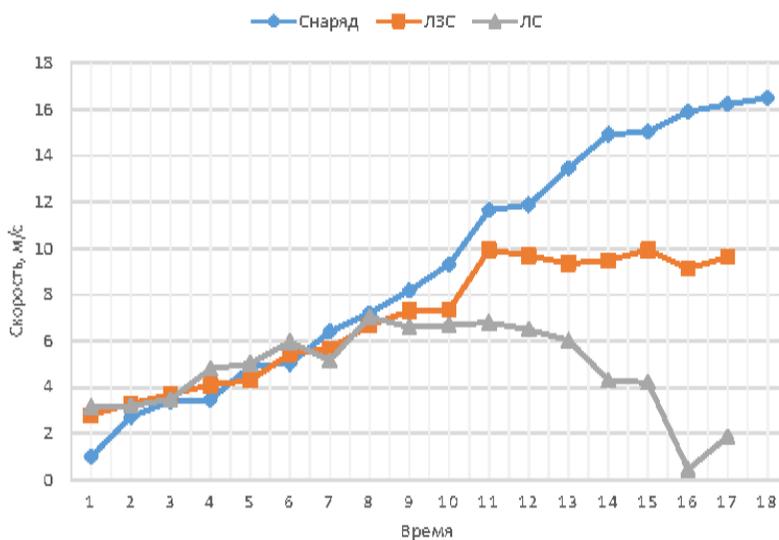


Рисунок 4. – Увеличение рычага кисти в процессе разгона снаряда:  
а – длина рычага кисти на первой стадии разгона, б – в момент выпуска

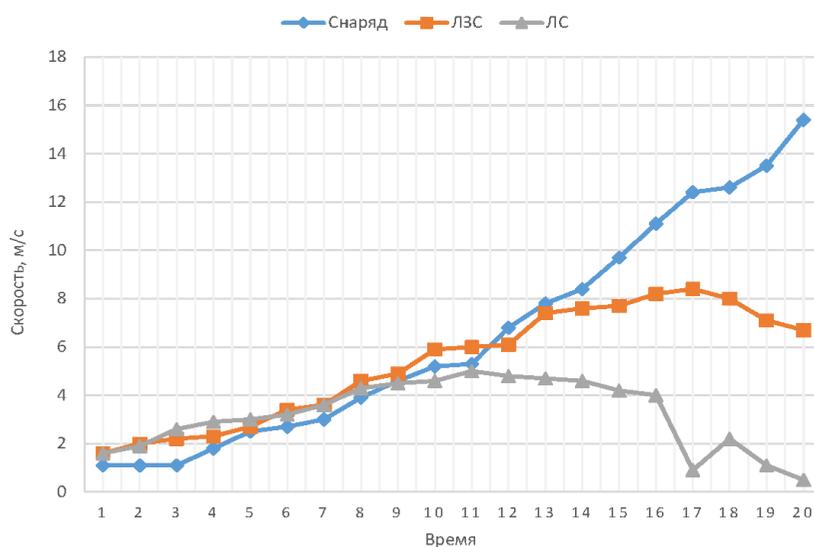
Таким образом, кинематический механизм увеличения длины рычага руки оказывает существенное влияние на процесс разгона снаряда и в связи с этим качеству его конструкции необходимо уделять должное внимание как в процессе формирования специализированного двигательного действия, так и дальнейшего совершенствования технической подготовленности метателей копья. На рисунке б (в, г), в отличие от б



**Рисунок 5. – Угол локтевого сустава у элитных метателей копья в момент выпуска снаряда:**  
 а – Железны - 95.66 м, б – Веттер – 90.23 м, в – Холодович – 67.17 м, г – Макаров – 86.14 м



**Рисунок 6. – Графики скорости снаряда, лучезапястного и локтевого суставов в броске одной рукой с замахом. Временной интервал – 0,01 с**



**Рисунок 7. – Графики скорости снаряда, лучезапястного и локтевого суставов в броске одной рукой без замаха. Временной интервал – 0,01 с**

(а, б), заметно, что даже элитным представителям этого вида легкоатлетических метаний не всегда удается в полной мере реализовать действие этого механизма.

Характер взаимодействия двигательных звеньев в экспериментальных упражнениях свидетельствует о реализации данного процесса в рамках общих принципов построения перемещающих баллистических действий (таблица, рисунки 6, 7) [9, 17]. На начальном участке сообщения скорости снаряду двигательная конструкция, минимизировав инерционные свойства системы, работает как единое целое, все звенья которого до определенного момента движутся с одинаковой скоростью. Это аргументируется накоплением количества движения в системе, которое во многом зависит от скорости разгоняемого тела. Достигнув определенной критической величины этого показателя, в рассматриваемом случае характеризуемой скоростью линейного перемещения центров суставов и снаряда, примерно в 7 м/с, метатель перестраивает структуру двигательного действия (таблица). Он включает в работу как механизм последовательного торможения звеньев биомеханической цепи, так и увеличения пути действия силы, повышая, таким образом, эффективность использования своего моторного потенциала. Временные позиции начала реализации данного процесса могут быть раз-

ными, но это не меняет в целом характера последующих движений в общей системе разгона спортивного снаряда. Следует особенно подчеркнуть, что «наблюдаемое снижение скорости отдельных двигательных звеньев носит активный, управляемый характер системообразующего процесса, требующего специфических режимов его формирования и совершенствования. В методическом аспекте это следует воспринимать как способность спортсмена мгновенно создавать элементы динамической осанки посредством фиксации основных рабочих сочленений для реализации последующих главных управляющих движений» [17].

■ **Заключение.** Двигательная конструкция локального броскового движения рукой характеризуется использованием различных биомеханизмов. В начале разгона снаряда существенное значение играет энергия мышечно-сухожильного комплекса плечевого сустава, повышение которой связано с увеличением инерционных характеристик рабочей цепи в предварительном замахе. Перераспределение количества движения с нижних звеньев на верхние определяется качеством фазы торможения дистального конца плеча, характеризующейся его полной остановкой незадолго (от 10 до 20 мс) до выпуска снаряда. Изменение режима работы движителей плечевого сустава запускает посредством удлинения рычага руки механизм увеличения пути приложения силы к снаряду. На заключительной стадии разгона это накладывает особые требования на жесткость связей в сочленениях рабочей цепи, в которой конечное звено проявляет свою активность только до совмещения своей продольной оси с аналогичной осью предплечья.

Таким образом, анализ качественных и количественных характеристик локального броскового действия свидетельствует о сложной структуре этого двигательного проявления, конструктивные особенности которого следует учитывать как на начальной стадии формирования специализированного метательного действия, так и при дальнейшем совершенствовании технической подготовленности квалифицированных спортсменов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Запорожец, А. В. Избранные психологические труды : в 2 т. / А. В. Запорожец. – Т. II: Развитие произвольных движений. – М. : Педагогика, 1986. – 296 с.
2. Зациорский, В. М. Биомеханика двигательного аппарата человека / В. М. Зациорский, А. С. Аруин, В. Н. Селуянов. – М. : Физкультура и спорт, 1981. – 143 с.
3. Донской, Д. Д. Биомеханика : учеб. для ин-тов физ. культуры / Д. Д. Донской, В. М. Зациорский. – М. : Физкультура и спорт, 1979. – 253 с.
4. Коц, Я. М. Физиология мышечной деятельности : учеб. для ин-тов физ. культуры / Я. М. Коц. – М. : Физкультура и спорт, 1982. – 347 с.
5. Агашин, Ф. К. Биомеханика ударных движений / Ф. К. Агашин. – М. : Физкультура и спорт, 1977. – 207 с.
6. Вагин, А. Ю. Биомеханические критерии рациональности и эффективности техники ударных действий в карате : автореф. дис. ... канд. пед. наук / А. Ю. Вагин ; РГУФКСИТ. – М., 2009. – 24 с.
7. Зайцева, Л. С. Биомеханические основы строения ударных действий и оптимизация технологии обучения: (на примере тенниса) : автореф. дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.04 / Л. С. Зайцева ; РГУФК. – М., 2000. – 54 с.
8. Казакова, Т. Е. Формирование техники бросков мяча в игре бочка у спортсменов классов ВС1 и ВС2 : моногр. / Т. Е. Казакова, А. С. Махов. – Шуя : Изд-во Шуйского филиала ИвГУ, 2017. – 112 с.
9. 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.
10. Матвеев, Е. Н. Экспериментальное обоснование применения специальных упражнений для развития скоростно-силовых качеств у метателей копья : автореф. дис. ... канд. пед. наук / Е. Н. Матвеев ; ГЦОЛИФК. – М., 1967. – 21 с.
11. Котов, Ю. Н. Контроль эффективности техники броска в прыжке гандболисткой разной квалификации : автореф. дис. ... канд. пед. наук / Ю. Н. Котов ; РГУФКСИТ. – М., 2009. – 24 с.
12. Баранцев, С. А. Возрастная биомеханика основных видов движения школьников / С. А. Баранцев. – М.: Советский спорт, 2014. – 304 с.
13. Сравнительный анализ кинематики толкания ядра и метания копья десятиборцев и легкоатлетов-специалистов / М. А. Годик [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 1993. – № 5–6. – С. 1–7.
14. Ланка, Я. Е. Биомеханика толкания ядра / Я. Е. Ланка, А. А. Шалманов. – М. : Физкультура и спорт, 1982. – 72 с.
15. Шалманов, А. А. Методологические основы изучения двигательных действий в спортивной биомеханике : дис. ... д-ра пед. наук / А. А. Шалманов ; РГУФК. – М., 2002. – 334 с.
16. Назаров, В. Т. Движения спортсмена / В. Т. Назаров. – Минск : Польша, 1984. – 176 с.
17. 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.

10.01.2022