УДК 796.37.015.3

Р. Є. Черкашин – асистент кафедри олімпійського та професійного спорту Волинського національного університету імені Лесі Українки

Аналіз швидкісно-силової взаємодії спортсмена зі снарядом на прикладі штовхання ядра

Роботу виконано на кафедрі олімпійського та професійного спорту ВНУ ім. Лесі Українки

У статті зроблено аналіз довжини розгону ядра під час скоку (повороту). Систематизовано дані щодо траєкторії та динаміки швидкості від старту до моменту вильоту снаряду.

Ключові слова: ядро, траєкторія, динаміка швидкості, довжина розгону.

Черкашин Р. Е. Анализ скоростно-силовых взаимодействий спортсмена со снарядом на примере толкания ядра. В статье сделан анализ длины разгона ядра во время скачка (поворота). Систематизированы данные относительно траектории и динамики скорости от старта к моменту вылета снаряда.

Ключевые слова: ядро, траектория, динамика скорости, длина разгона.

Cherkashin R. Ye. Analysis of Speed-Power Co-Operations of Sportsman with a Shell on the Example of Shotput. In the article the analysis of length of acceleration of kernel is done during a jump (turn). Information is systematized in relation to a trajectory and dynamics of speed from a start to the moment of flight of shell.

Key words: kernel, trajectory, dynamics of speed, length of acceleration.

Постановка наукової проблеми. Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання підготовки спортсменів-легкоатлетів, особливо олімпійських видів, завжди актуальні. Техніка легкоатлетичних метань удосконалюється за рахунок збільшення довжини розгону снаряду під час обертання або скоку. Результати наукових досліджень (Кутьєва, Kerssenbrock, Schpenke) і практика підготовки метальників показують, що досягнення високих результатів обумовлено рівнем технічної майстерності, яка допомагає ефективно реалізувати фізичні можливості атлета. Із загальних основ метань відомо, що для розгону снаряда важлива лише та частина, за якою снаряд рухається з прискоренням.

Чим більшу силу прикладе спортсмен до снаряда, тим довша її дія, тим далі летить снаряд. Можливість збільшення часу дії на снаряд у штовханні ядра обмежується розмірами кола, тому велике значення має чинник збільшення сили.

Метою нашої роботи є наліз і систематизація літературних даних із питань швидкісно-силової взаємодії штовхальника ядра зі снарядом.

Завданнями нашої роботи є:

1) вивчення довжини розгону ядра під час скоку (повороту);

2) визначення траєкторії розгону та динаміки швидкості від старту до моменту вильоту.

Методи та організація досліджень. Для вирішення поставлених завдань ми використовували методи отримання ретроспективної інформації, теоретичний аналіз й узагальнення даних науково-методичної літератури.

Результати досліджень та їх обговорення. Як відомо, довжина розгону є однією з основних причин початкової швидкості вильоту снаряда, від чого залежить дальність його польоту та підсумковий спортивний результат. За даними Schpenke (1973), у сильних штовхальників ядра шлях фінального розгону складає близько 180 см, а час, необхідний для проходження цього шляху, – 0,18–0,20 с.

Робота, виконана для переміщення снаряда, рівна силі, прикладеної до нього, на пройдений шлях: A = FS (де: A – робота, F – сила, S – шлях). Те, яку роботу виконує метальник під час переміщення снаряда та яку потужність при цьому він розвиває, показане Н. А. Самоцвєтовым (1961). На підставі експериментальних даних він визначив, що в поштовху на 18,19 м робота з переміщення ядра дорівнювала 731,8 Дж, 80 % із якої пішло на розгін ядра по горизонталі й 20 % на підйом, тобто розгін по вертикалі. У цій спробі метальник розвинув потужність, рівну 5078,4 Вт. Звідси неважко уявити, яку роботу та потужність демонструють спортсмени, що штовхають ядро за 22 метри.

Польські дослідники K. Fidelus і W. Zienkowiez, реєструючи вертикальну й горизонтальну складові сили, що прикладаються до ядра, показали, що вона падає майже до нуля в кінці стрибка та різко зростає після постановки лівої ноги на опору.

Якоюсь мірою проблему розгону снаряда можна розв'язати, штовхаючи ядро коловим махом, оскільки теоретично можливе збільшення шляху прикладання сили у фінальній фазі руху й більший збіг напрямів стартової та фінальної швидкості.

© Черкашин Р. Є., 2009

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

Вимірювання показали, що в спробі А. Баришнікова на 20,54 м, виконаній цим способом, утрата стартової швидкості досягає 65 %, а шлях прикладання сили складає 180 см, що приблизно відповідає втраті швидкості й довжини шляху в сильних спортсменів, які використовують традиційний варіант техніки штовхання ядра лінійним махом.

Таблиця 1

Деякі показники техніки штовхання ядра сильних спортсменів
за даними (Кутьєва, Kerssenbrock, Schpenke)

Прізвище спортсмена	Результат	Зріст, *см*	Вага, *кг*	Шлях розгону ядра, *м*	Час виштовхування, *с*	Відстань від краю сегменту до проекції точки вильоту ядра на землю, *м*	Висота вильоту, *м*	Кут вильоту, *градус*	Довжина стрибка, *м*
Матсон	20,27	199	118	1,70	0,26	–	2,25	42	–
Мак Грат	19,08	–	–	1,50	0,26	–	2,20	42	–
Карасев	18,98	186	115	1,48	0,27	–	2,06	39	–
Брізеник	21,54	191	112	1,70	0,20	0,33	2,27	40	0,68
Брізеник	20,29	191	112	1,55	0,18	–	2,25	39	–
Гисс	21,07	194	100	1,78	–	0,44	–	–	0,52
Матсон	20,68	199	118	1,80	–	0,23	–	–	0,83
Баришников	20,54	198	122	1,80	–	0,22	–	40	1,08
Вудс	20,55	188	137	1,73	–	0,25	–	–	0,97
Фейєрбах	20,91	186	114	1,74	–	0,19	–	–	0,95
Брабеу	20,11	190	117	1,71	–	0,29	–	–	1,06

Проаналізувавши силу взаємодії спортсменів з опорою в стартовому розгоні, ми дійшли висновку, що кращі штовхальники ядра виконують його порівняно повільно. Різке й коротке за часом збільшення сили негативно впливає на подальші дії спортсмена. У міру зростання спортивної майстерності зменшується кут між горизонталлю та напрямом сили тиску правої ноги на опору. І чим більше цей кут і величина сили тиску в стартовому розгоні, тим більш високий стрибок виконує спортсмен. Це властиво передусім метальникам-початківцям.

Динамограма вертикальної складника сили має дві вершини з поступовим падінням сили до моменту відриву ноги від опори. На початку взаємодії з опорою права нога “працює” в поступливому режимі, тому максимум вертикального складника сили досягає великих величин (у деяких спортсменів – у 3–4 рази більше від їх власної ваги). Звідси виходить, що величина першого максимуму вертикального складника перебуває в прямій залежності від способу виконання стрибка й від постановки правої ноги на опору та, звичайно, від її подальшої дії. Що стосується спортсменів низької кваліфікації, то їх можна розділити на дві групи: за характером постановки ноги на опору й величиною сили тиску. Одна група спортсменів ставить ногу після високого стрибка, унаслідок чого максимум вертикальної складової сили досягає великих величин (понад 3000 Н). Друга група – ті, хто м’яко ставить праву ногу на опору з подальшим швидким перенесенням ваги тіла на ліву, унаслідок чого максимальна сила коливається від 1570 до 2350 Н. Спортсменам високої кваліфікації властива активна, швидка постановка ноги, що позначається на характері зміни сили (2943 Н). Після першого максимуму вертикальний складник сили падає, а потім знову підвищується.

Із підвищенням кваліфікації спортсменів величина падіння сили зменшується. А величина другого максимуму зростає та на 65–75 % перевищує власну вагу метальника.

Таким чином, у міру підвищення спортивної майстерності збільшується вертикальний складник сили тиску правої ноги на опору, особливо під час амортизації.

Максимальна величина і час прояву негативної горизонтального складника сили в момент постановки правої ноги на опору з підвищенням спортивної кваліфікації метальника зменшується. Ця

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

сила спрямована в бік штовхання, гальмує просування спортсмена через коло, що явно невигідне (вона досягає 687−785 Н).

Позитивний горизонтальний складник сили спрямований у бік, протилежний штовханню, та прискорює рухи атлета і ядра через коло. Це, на нашу думку свідчить, що метальники, які менше гальмують рух через коло відразу після стрибка, проявляють великі величини сил, спрямовані на прискорення всієї системи (метальник − ядро), у бік штовхання (490−589 Н). У кінці розгинання правої ноги, коли вертикальний складник сили ще має величину 392−598 Н, горизонтальний складник знову стає негативним (196−294 Н).

Горизонтальні складники сили в метальників, незалежно від рівня спортивної майстерності, спрямовані в бік штовхання й гальмують його рух. Це свідчить про те, що дія лівої ноги у фазі фінального зусилля має виключно гальмівний характер і сприяє підйому ЗЦМ тіла спортсмена та ядра вгору.

У метальників високого класу помітно велика величина й крутизна наростання як вертикального, так і горизонтального складника сили та менше її падіння під час амортизації.

Значні індивідуальні відмінності обумовлюються різними способами постановки лівої ноги на опору, різною манерою дії ноги у фіналі, а головне – узгодженням у діях правої й лівої ніг. Тому за сучасної тенденції до збільшення горизонтальної швидкості руху системи “метальник-снаряд” через коло та гальмування ланок тіла з метою збільшення швидкості вище лежачих ланок тіла та ядра, жорстка постановка лівої ноги на опору стає доцільною.

Сьогодні відомо, що значення постановки правої та лівої ноги величезне. Характер розгону ядра, а отже й спортивний результат, залежить від злагоджених дій як правої, так і лівої ніг. Час між постановкою правої та лівої ніг отримав назву “перекочування”. Оскільки високих спортивних результатів метальники досягають як за малого, так і за відносно великого часу перекочування, вирішальним чинником є не сама постановка лівої ноги на опору (час перекочування), а ті сили, які розвиває спортсмен, діючи лівою ногою на опору.

Експериментальні дані Я. Е. Ланка та А. А. Шалманова свідчать про те, що гальмуючу силу лівої ноги слід проявляти тоді, коли права нога закінчує прискорюючу дію на систему “метальник-снаряд” (табл. 2).

Таблиця 2

Показники техніки штовхання ядра спортсменів різної кваліфікації у фазі фінального розгону

Результат у штовханні ядра, *м*	**Вага, *кг***	**Час перекочування, *м/с***	**Силові показники взаємодії з опорою, *Н***			
			1	**2**	**3**	**4**
19,60	120	21,2	78	1834	49	765
17,73	110	17,2	98	1353	196	677
17,20	108	13,1	225	1226	451	559
17,11	120	17,8	392	2060	226	873
16,31	125	4,6	1353	1440	397	441
16,42	115	3,1	1353	1510	657	677
12,72	106	3,6	1628	1707	491	491
18,30	122	5,9	833	1510	546	676
14,20	101	1,95	1350	1451	589	726

Примітка: *1 − вертикальний складник сили тиску лівої ноги на опору в момент максимуму позитивного горизонтального складника сили правої ноги;*

2 − максимум вертикального складника сили правої ноги;

3 − горизонтальний складник сили лівої ноги в момент максимуму горизонтального складника сили правої ноги;

4 − максимум горизонтального складника сили лівої ноги.

Наприклад: у спортсмена з результатом 19,60 м час перекочування 21,2 м/с. У момент, коли права нога у фазі фінального розгону проявляє невелику силу, прискорюючи рух тіла в напрямі штовхання, тиск лівої ноги на опору дуже малий, вертикальний і горизонтальний складники сили, відповідно, рівні 78 і 49 Н, тобто гальмуюча дія лівої ноги не заважає прискорюючій дії правої. У спортсмена низької кваліфікації (результат 12,72 м) картина інакша: час перекочування – 3,6 м/с, а гальмуюча сила лівої ноги під час активного розгону тіла метальника правої ноги значна (вертикальний складник сили рівний 1628 Н, а горизонтальний – 491 Н).

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

А відбувається таке: права нога прискорює тіло в напрямі штовхання, а ліва в цей час гальмує, тобто заважає її дії. Під час такої роботи ніг максимуми позитивного горизонтального складника сили правої ноги й негативного горизонтального складника сили лівої ноги збігаються за часом, що погіршує результати.

В одноопорному положенні на правій нозі виконати це досить складно. Постановка лівої ноги на опору збільшує площу опори − і положення атлета стає стійкішим. Постановка лівої ноги з виведенням тазу, а потім і грудьми вперед сприяє кращому попередньому розтяганню м'язів тулуба. Таким чином, перед спортсменом виникають певні труднощі: з одного боку, більш рання постановка лівої ноги на опору підвищує його стійкість і створює сприятливі умови для попереднього розтягування м'язів тулуба, а з другого – вона може призвести до передчасного прояву гальмуючих зусиль лівої ноги. Імовірно, існує певний оптимум тривалості фази перекочування, який залежить від індивідуальності спортсменів, проте зайве зменшення, як і навмисне збільшення фази перекочування, можна вважати помилковим.

На нашу думку, жодному досліднику не вдалось отримати математичну функціональну залежність швидкості руху ядра від часу, як це зроблено, наприклад, у спринтерському бігу (В. М. Зациорській, Ю. Н. Прімаков, 1968 й ін.). Імовірно, це викликано складністю динаміки швидкості. Одні дослідники (Д. К. Догерти, 1958; Simonyi, 1973) підкреслюють важливість більш раннього відносно моменту вильоту ядра, досягнення максимуму його швидкості. Інші (Fidelus, Zienkowicz, 1965; О. Я. Грігалка, 1970; Schpenke, 1973) уважають, що швидкість ядра повинна збільшуватися рівномірно, досягаючи максимуму до моменту його вильоту від руки. Susanka (1974) отримав дані про те, що зміна швидкості ядра має дуже складний характер. Автор наголошує на двох ділянках падіння швидкості ядра. Перший відповідає початку фази старту, після чого швидкість рівномірно збільшується, досягаючи 2,0 м/с. У фазі стрибка (безопорне положення) швидкість ядра практично не змінюється. Проте деякі автори (О. Я. Грігалка, 1967; Я. Е. Оленіця, А. А. Шалманов, 1982 та ін.) уважають, що в метальників, незалежно від кваліфікації, вона перебуває в межах 1,3−2,6 м/с, що складає 15−20 % від швидкості вильоту ядра, або 3,5−3,7 м/с (Marhold, 1970).

Друга ділянка падіння швидкості ядра відрізняється у фазі перекочування з моменту постановки правої ноги на опору в кінці стрибка. З моменту постановки лівої ноги на опору відбувається різке наростання швидкості ядра. У фазі перекочування воно практично не змінюється, а в найудаліших спробах навіть збільшується. Послідовний розгін ланок тіла, тобто кожна подальша ланка розпочинає рух, коли швидкість попередньої досягає максимуму. Це підтверджено результатами досліджень Я. Е. Ланка й А. А. Шалманова, отриманими за допомогою стереофотозйомки; крім того, підтвердилася раціональність послідовного не тільки розгону, але й гальмування ланок.

Отже, отримано цікавий і корисний матеріал із питання збільшення значення максимальної швидкості окремих ланок тіла, починаючи з правого кульшового суглоба й кінчаючи пальцями штовхаючої руки.

Таблиця 3

Швидкість (*м/с*) основних ланок тіла в спортсменів різної кваліфікації у фазі фінального розгону

№ з/п	Реєстрований показник	Результати в штовханні ядра, *м*			
		19,60	18,30	13,30	12,26
1	Максимальна швидкість правого колінного суглоба	3,62	2,45	2,45	2,25
2	Максимальна швидкість правого кульшового суглоба	5,74	5,13	4,28	4,81
3	Швидкість правого кульшового суглоба в момент вильоту ядра	2,75	1,05	0,83	1,96
4	Максимальна швидкість правого плечового суглоба	6,77	7,66	4,91	5,32
5	Швидкість правого плечового суглоба в момент вильоту ядра	6,34	5,46	3,10	4,82
6	Швидкість правого плечового суглоба на момент початку розгинання руки	2,75	5,25	4,6	2,7
7	Максимальна швидкість променевого суглоба правої руки	11,00	10,04	8,02	7,95
8	Швидкість променевого суглоба в момент вильоту ядра	10,90	9,25	7,51	7,85
9	Швидкість дистальної фаланги середнього пальця правої руки у момент вильоту ядра	13,12	12,51	10,49	10,12

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

У легкоатлетичних метаннях попереднє натягнення м'язів створюється обгоном ланок тіла. Відбувається це таким чином. Проксимальний суглоб ланки прискорено просувається в напрямі метання, оскільки ланка має певну масу, тобто володіє інерційними властивостями, його дистальний кінець відстає у своєму русі. Унаслідок цього відбувається розтягнення м'язів, обслуговуючих цей суглоб. Прикладом цього в штовханні ядра є прискорений вихід метальника грудьми вперед у напрямі штовхання, що призводить до розтягнення м'язів – переднього пучка дельтоподібного м'яза й інших, унаслідок чого в них нагромаджується потенційна енергія пружної деформації, яка за подальшого скорочення м'язів частково переходить у кінетичну енергію рушійної ланки, збільшуючи швидкість його руху. Додатковому розтяганню м'язів у цьому русі сприяє енергійне відведення лівої руки (зведення лопаток).

Пружна деформація м'язів має велике значення, бо різниця між максимальною швидкістю променевого суглоба й дистальної фаланги середнього пальця штовхаючої руки складає в більшості спортсменів близько 2 м/с. Така надбавка у швидкості збільшує дальність польоту ядра майже на 5 м! Рух кисті в кінці фази виштовхування ядра відбувається за рахунок активності м'язів згиначів кисті та пальців, а також сил пружної деформації, що виникли в результаті розтягнення цих м'язів зі сторони прискорюваного снаряда. Тому вміле використання енергії пружної деформації м'язів у штовханні ядра є одним з основних джерел підвищення швидкості вильоту снаряда.

Ось чому на кожному тренуванні необхідно приділяти особливу увагу зміцненню м'язів кисті.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Початкова швидкість вильоту ядра відграє важливу роль у штовханні. Вона напряму залежить від довжини та часу розгону. Тому всі покоління штовхальників ядра вдосконалюють рухи таким чином, щоб, не порушуючи правил змагань, максимально збільшити шлях розгону ядра.

Аналіз сили взаємодії спортсменів з опорою в стартовому розгоні показує, що кращі штовхальники ядра виконують його порівняно повільно. Різке й коротке за часом збільшення сили негативно впливає на подальші дії спортсмена.

На результат у штовханні впливає пружна деформація м'язів. Так різниця між максимальною швидкістю променевого суглоба та дистальної фаланги середнього пальця штовхаючої руки складає в більшості спортсменів близько 2 м/с. Така надбавка у швидкості збільшує дальність польоту ядра майже на 5 м

Література

1. Бондарчук А. П. Тренування легкоатлета / А. П. Бондарчук. – К. : Здоров'я, 1986.
2. Бондарчук А. П. Легкоатлетические метания / А. П. Бондарчук, К. И. Буханцов, С. В. Возняк. – К. : Здоровье, 1984.
3. Рутевич В. Й. Теорія спортивних метань / В. Й. Рутевич. – К. : Здоров'я, 1992.
4. Матвєєв О. Б. Про сучасний підхід побудови мікро циклів тренування / О. Б. Матвєєв. – 1981. – № 3.
5. Легка атлетика : підруч. для ін-тів фіз. культури. – 1989. – № 4.
6. Бутейко Б. І. О некоторых закономерностях спортивной тренировки / Б. І. Бутейко // Теор. и практ. физ. культуры. – 1966. – № 2. – С. 48–52.
7. Коробков А. В. Образование двигательного навыка в различных видах легкой атлетики / А. В. Коробков // Легкая атлетика. – 1955. – № 1.
8. Максименко Г. М. Легка атлетика / Г. М. Максименко. – К. : Вища шк., 1992.
9. Журнал ФЛАУ. – К., 1996. – № 1–3.

Адреса для листування:
43000, Луцьк, просп. Волі, 13.

Статтю подано до редколегії
14.09.2009 р.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com