

КІНЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНІКИ РУХОВИХ ДІЙ
СПОРТСМЕНІВ (НА ПРИКЛАДІ ПРАКТИЧНОЇ СТРІЛЬБИ)

Івченко Віталій, Литвиненко Юрій, Кашуба Віталій

Національний університет фізичного виховання і спорту України

Анотація

Актуальність теми дослідження. Жага людини до суперництва та саморозвитку з давніх часів народжує на світ різні змагальні дисципліни. Практична стрільба – вид стрілецького спорту, який має на меті організацію в рамках спортивних змагань стрілецьких вправ, що вимагають від стрільців реалізації прийомів і способів ведення вогню, найбільш повно відповідають різним випадкам застосування вогнепальної зброї. У практичній стрільбі проводяться змагання з кількох видів вогнепальної зброї: «Пістолет», «Рушниця», «Карабін». **Мета статті** – визначити кутові показники біопар опорно-рухового апарату у різні моменти часу при переміщенні спортсменів, які спеціалізуються у практичній стрільбі з пістолету, способами «лижний», «Х-подібний» та «низький» крок. **Матеріал і методи дослідження.** У дослідженнях брали участь 10 кваліфікованих спортсменів, які спеціалізуються у практичній стрільбі з пістолету. Кожен спортсмен реалізовував 5 спроб способами переміщення «лижний», «Х-подібний» та «низький» крок. Важливо зауважити, що жодних обмежень щодо обрання швидкості переміщення спортсмена, швидкості виконання серії пострілів під час спроб не було. Спортсмени були орієнтовані на те, аби кожен постріл був влучним у серії стрільби, з її виконанням за мінімальний проміжок часу, що, власне, багато в чому визначає спортивний результат у практичній стрільбі. Нами було проведено експериментальне дослідження в лабораторних умовах із застосуванням оптико-електронної системи 3D реєстрації й аналізу рухів людини «Qualisys». Результати, отримані в процесі дослідження, було оброблено з використанням методів математичної статистики. **Результати роботи.** Проведений біомеханічний аналіз дозволив виявити відмінності у біомеханічній структурі техніки різних способів

KINEMATIC ANALYSIS OF
TECHNIQUE OF SPORTSMEN
MOTOR ACTIONS (ON THE
EXAMPLE OF PRACTICAL
SHOOTING)

*Ivchenko Vitaliy, Lytvynenko Yuriy,
Kashuba Vitaliy*

Abstract.

Relevance of the research. Since ancient times, man's thirst for rivalry and self-development has given birth to various competitive disciplines. Practical shooting is a type of shooting sport that aims to organize, within the framework of sports competitions, shooting exercises that require the shooters to implement the techniques and methods of firing that most fully correspond to various cases of using firearms. In practical shooting, competitions are held for several types of firearms: "Pistol", "Rifle", "Carbine". **The purpose** of the article is to determine the angular indicators of biopairs of the musculoskeletal system at different moments of time while athletes who specialize in practical shooting with a pistol, using the "ski", "X-shaped" and "low" steps are moving. **Research material and methods.** 10 qualified athletes who specialize in practical pistol shooting took part in the research. Each athlete made 5 attempts using the "ski", "X-shaped" and "low" steps. It is important to note that there were no restrictions on the choice of the speed of movement of the athlete, the speed of execution of a series of shots during the attempts. Athletes were oriented to ensure that each shot was accurate in a series of shooting, with its execution in a minimum period of time, which actually largely determines the sports result in practical shooting. We conducted an experimental study in laboratory conditions using the optical-electronic 3D system of registration and analysis of human movements "Qualisys". The results obtained in the research process were processed using the methods of mathematical statistics. **Work results.** The conducted biomechanical analysis revealed differences in the biomechanical structure of the technique of different ways of movement ("ski", "X-

переміщення («лижний», «X-подібний» і shaped" and "low" step) of athletes during «низький» крок) спортсменів під час shooting. Prospects for further research include стрільби. Перспективи подальших the development of technology for the formation досліджень передбачають розробку of the technique of moving athletes in practical технології формування техніки shooting. переміщення спортсменів у практичній стрільби.

Ключові слова: *кінематичний аналіз, Keywords: kinematic analysis, technique of техніка рухових дій, практична стрільба, motor actions, practical shooting, pistol, пістолет, спортсмени, переміщення athletes, moving in "ski", "X-shaped" and способами «лижний», «X-подібний» та "low" steps. «низький» крок*

Постановка наукової проблеми. Точність у стрільбі є важливою характеристикою технічної майстерності спортсменів [10, 12]. Точність у практичній стрільбі залежить від ряду факторів, таких як особливості переміщення спортсмена [9].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вивчення закономірностей збереження положення тіла людини є однією з найбільш важливих проблем в біології, оскільки від здатності зберігати стійке положення тіла як в умовах спокою, так і при зовнішніх збурюючих впливах залежить успішність виконання більшості рухових дій, в тому числі і спортивних [2, 8].

У практичній стрільбі, де спортсмену доводиться одночасно вирішувати кілька рухових завдань, особливо важлива здатність зберігати стійке положення всієї системи «стрілець-зброя». Але незважаючи на те, що ця здатність збільшується з ростом спортивної майстерності, механізми, що лежать в її основі, до кінця не вивчені [2].

У практичній стрільбі з карабіну для виконання статичної стрільби можна виділити три основні стойки: *класична* (практично повторює стойку для стрільби стоячи у кульовій стрільбі з гвинтівки); *тактична* (для виконання швидкісної стрільби з використанням захисного спорядження); *спортивна* (модернізована стійка для практичної стрільби) [2].

Так, як правило, для виконання влучної стрільби на великі відстані, коли є достатньо часу прийняти стійки, використовують класичну стійку (практично повторює стійку для стрільби стоячи у кульовій стрільбі з гвинтівки, біатлоні тощо) [2].

При стрільбі на середню дистанцію застосовують спортивну стійку (модернізована стійка між класичною та тактичною) яка дозволяє влучно та достатньо швидко виконувати постріли [2].

Тактична стійка використовуються, як правило, при стрільбі на коротку відстань (ближню дистанції), коли найважливіше це швидкість виконання влучного пострілу [2].

З метою проведення експертної оцінки було опитано двадцять співробітників спеціальних підрозділів правоохоронних органів, які активно тренуються та беруть участь у змаганнях різного рівня (в тому числі міжнародного) з практичної та тактичної стрільби. Всі опитуванні були свого часу переможцями або призерами турнірів, етапів Кубку України та Чемпіонатів України з практичної стрільби. Тому можна стверджувати, що всі вони є експертами у галузі практичної стрільби [3, 5].

Для опитування були виділені три стійки, що використовуються найчастіше для статичної стрільби з карабіну (класична, тактична та спортивна) [5].

До експертів ставилося питання щодо визначення статичних стійок, що найбільш використовуються під час змагань з практичної стрільби з карабіну та вказати номери від 1 до 3 (де 3 – найбільше використовується, 1 – найменше використовується) [3, 5].

Застосовуючи метод переваг експертної оцінки визначаємо суму вказаних номерів для кожного способу стійок. Таким чином, найбільша сума буде у класичної стійки – 60 (1 місце, або найменше використовується); тактична стійка – 33,00 (2 місце); спортивна стійка – 27,00 (3 місце або найбільше використовується) [5].

Таким чином, $X=20(3+1)/2=40$, $S = 400+49+196 = 645$,

$$W = \frac{12 \cdot 645}{400 \cdot (27 - 3)} = 0,81$$

Перевірка узгодженості проводилася за допомогою χ^2 -критерію Пірсона. Емпіричне значення χ^2 -критерію Пірсона:

$$\chi^2 = m(n-1) \cdot W = 20 \cdot (3-1) \cdot 0,81 = 32$$

порівнюється з критичним $\chi_{\alpha}^2(n-1)$, обчисленим для числа ступенів свободи $df = n-1$ і відповідно рівню значущості 0,01.

$$\chi_{\alpha}^2(3) = 9,2$$

Оскільки емпіричне значення χ^2 -критерію Пірсона більше критичного (32 > 9,2) робимо висновок про те, що коефіцієнт конкордації Кендалла W значущий – експертиза відбулася, думки експертів узгоджені на рівні $p=0,01$ [5].

Отже, результати експертної оцінки елементів техніки з практичної стрільби із карабіну за рівнями, що найбільше використовуються: 1 – спортивна; 2 – тактична; 3 – класична. На рис. представлені біосхеми цих стійок (рис. 1-3) [2].

Зв'язок із науковими планами, темами. Роботу виконано згідно до Плану НДР Національного університету фізичного виховання і спорту України на 2021–2025 рр. за темою 3.2 «Теоретико-методичні основи біомеханічних технологій у фізичному вихованні, спорті, реабілітації з урахуванням індивідуальних особливостей моторики людини» (номер держреєстрації 0121U107944).

Мета – визначити кутові показники біопар опорно-рухового апарату в різні моменти часу при переміщенні спортсменів, які спеціалізуються у практичній стрільбі з пістолету, способами «лижний», «Х-подібний» та «низький» крок.

II. Науковий напрям

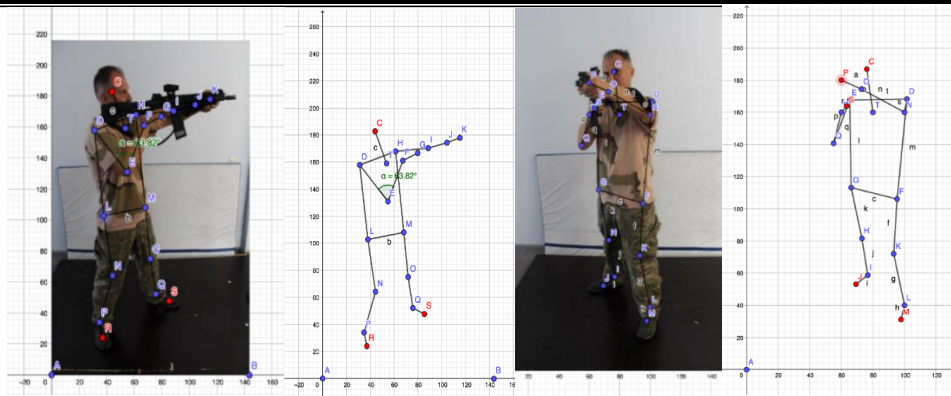


Рис. 1. Спортивна стійка [2]

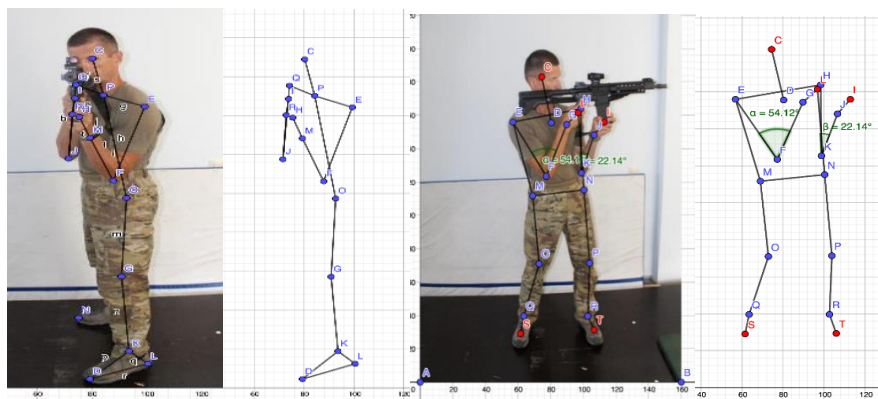


Рис. 2. Класична стійка [2]

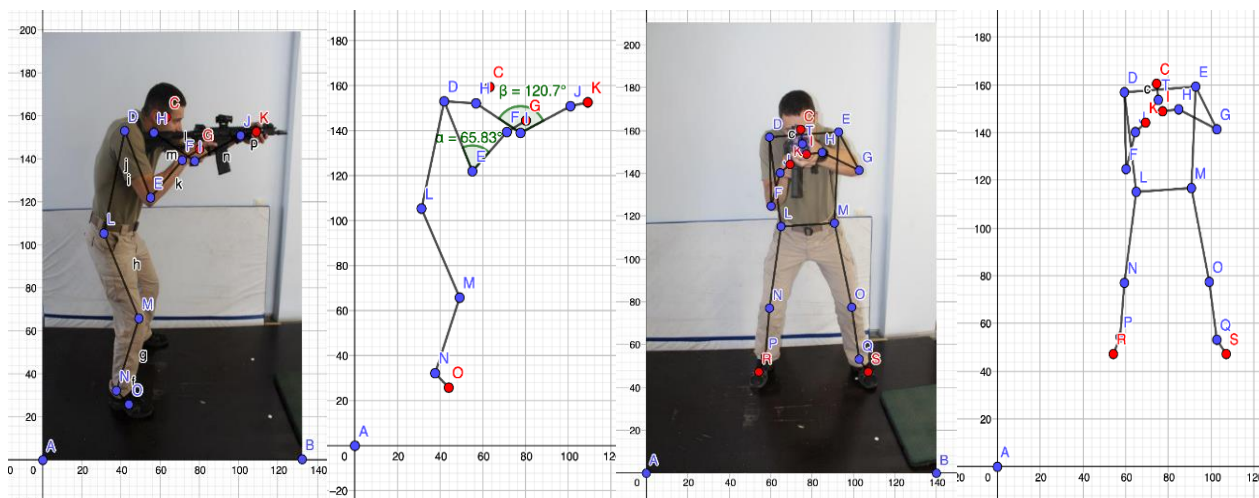


Рис. 3. Тактична стійка [2]

Матеріал і методи дослідження. Учасники дослідження. У дослідженнях брали участь 10 кваліфікованих спортсменів, які спеціалізуються у практичній стрільбі з пістолету. Кожен спортсмен реалізовував 5 спроб способами переміщення «лижний», «Х-подібний» та «низький» крок. Під час виконання кожного з таких спроб спортсмен виконував 5 пострілів у мішень з відповідною фіксацією результатів пострілів. Важливо зауважити, що жодних обмежень щодо обрання швидкості переміщення спортсмена, швидкості виконання серії пострілів під час спроб не було. Спортсмени були орієнтовані на те, аби кожен постріл був влучним у серії стрільби, з її виконанням за мінімальний проміжок часу, що власне багато в чому визначає спортивний результат у практичній стрільбі. **Методи дослідження.** Нами було проведено експериментальне дослідження в лабораторних умовах із застосуванням оптико-електронної системи 3D реєстрації

й аналізу рухів людини «Qualisys» [6, 7]. Результати, отримані в процесі дослідження, було оброблено з використанням методів математичної статистики [1, 11].

Результати дослідження. У табл. 1 представлено показники кутових переміщень у біопарах нижніх кінцівок при переміщенні спортсменів, які спеціалізуються у практичній стрільбі з пістолету, способом «лижний» крок.

Таблиця 1

Кутові показники біопари тулуб-стегно у різні моменти часу при переміщенні спортсменів, які спеціалізуються у практичній стрільбі з пістолету, способом «лижний» крок (n = 50)

Моменти часу в циклі ходьби	Кут у біопарі тулуб-стегно, град			
	правий		лівий	
	\bar{x}	S	\bar{x}	S
відриву лівої ноги від опори	117,31	3,41	140,91	4,69
момент вертикалі	125,12	4,44	117,57	3,85
постановки лівої ноги на опору	136,46	2,61	119,77	2,57
відриву правої ноги від опори	140,87	4,85	121,92	2,39
момент вертикалі	116,46	3,30	126,96	4,49
постановки правої ноги на опору	119,10	3,72	139,49	5,31

Найбільшою відмінною рисою досліджуваного способу є те, що спортсмени здійснюють кожен крок за принципом класичного лижного ходу, але, звичайно, з незначним відривом від опори кожної кінцівки. Техніка виконання «лижного» переміщення під час стрільби дозволяє зменшити вертикальні коливання тіла та, відповідно, верхніх кінцівок. Аналіз кутових переміщень у досліджуваних суглобах нижніх кінцівок свідчить про те, що спортсмени, як і в попередньому способі переміщення, рухаються на напівзігнутих кінцівках з певним нахилом тулуба.

Найбільші значення кутових переміщень правої біопари тулуб-стегно зафіксовано в момент відриву правої ноги від опори, який становить $140,87^{\circ}$ ($S=4,85$). Для лівої біопари тулуб-стегно найбільше значення було отримано в момент відриву лівої ноги від опори – $140,91^{\circ}$ ($S=4,69$). Найменші значення кутових переміщень у правій біопарі були в межах $116,46^{\circ}$ ($S=3,30$) у момент вертикалі при правій опорній нозі, а в лівій біопарі в момент вертикалі при лівій опорній нозі ($117,57^{\circ}$ ($S=3,85$)), що є значною та принциповою відмінною рисою досліджуваного способу переміщення (у порівнянні з іншими способами). З отриманих результатів стає очевидним, що спортсмени значно «підсідають» у процесі переміщення, що може сприяти збільшенню навантаження на нижні кінцівки та, при відносно довгому пересуванню у такий спосіб, появі небажаної фізичної втоми. Зазначене питання потребує ще додаткового дослідження.

Показники нахилу тулуба майже не відрізняються від тих, що були отримані при аналізі техніки «лінійного» переміщення. Так, у момент відриву лівої ноги від опори зазначений кутовий показник знаходиться в межах $8,54^{\circ}$ ($S=1,12$); у момент

вертикалі – $8,74^0$ ($S=0,91$); у момент постановки лівої ноги на опору – $7,71^0$ ($S=0,74$); у момент відриву правої ноги від опори – $7,35^0$ ($S=0,54$); у момент вертикалі – $7,04^0$ ($S=0,55$); у момент постановки правої ноги на опору – $6,72^0$ ($S=0,42$).

Про те, що спортсмени значно «підсідають» у процесі «лижного» переміщення свідчать і показники кутових переміщень у біопарі стегно-гомілка в різні моменти часу (табл. 2).

З отриманих даних слід відмітити, що найбільші показники у правому колінному суглобові знаходилися в межах $156,04^0$ ($S=4,16$) у момент постановки правої ноги на опору, в той час, як найменші були зафіксовані у момент відриву правої ноги від опори – $85,39^0$ ($S=3,06$).

Таблиця 2

Кутові показники біопари стегно-гомілка у різні моменти часу при переміщенні спортсменів, які спеціалізуються у практичній стрільбі з пістолету, способом «лижний» крок (n = 50)

Моменти часу в циклі ходьби	Кут у біопарі стегно-гомілка, град			
	правий		лівий	
	\bar{x}	S	\bar{x}	S
відриву лівої ноги від опори	128,41	4,42	91,42	3,55
момент вертикалі	107,55	4,89	97,85	5,37
постановки лівої ноги на опору	101,64	3,16	145,26	2,76
відриву правої ноги від опори	85,39	3,06	128,55	3,00
момент вертикалі	96,96	4,38	118,78	4,39
постановки правої ноги на опору	156,04	4,16	108,30	4,19

Слід зазначити, що у момент вертикалі при правій опорній нозі, кут у правому колінному суглобі був також невеликим – $107,55^0$ ($S=4,89$), що повністю підтверджує попередню думку щодо значного «підсідання» під час відповідного пересування.

Аналогічне явище спостерігається й для лівого колінного суглоба: найбільше значення у момент постановки лівої ноги на пору ($145,26^0$ ($S=2,76$)), найменше значення у момент відриву лівої ноги від опори ($91,42^0$ ($S=3,55$)), а у момент вертикалі при лівій опорній нозі – $118,78^0$ ($S=4,39$). Отримані дані свідчать й про те, що пересування «лижним» кроком здійснюється у переважній більшості за рахунок перенесення ваги тіла з ноги на ногу, а не за рахунок активного відштовхування (підтвердженням цього слугують відповідно низькі значення кутових показників у колінних суглобах у моменти відштовхування).

Підтвердженням цієї думки є отримані нами кутові переміщення біопари гомілка-стопа (табл. 3). Так, наприклад, найбільші значення у правому гомілковому суглобі були отримані у момент відриву правої ноги від опори (в межах $104,08^0$ ($S=4,69$)), а найменші у момент постановки лівої ноги на опору – $66,94^0$ ($S=4,04$).

Кутові показники біопари гомілка-стопа у різні моменти часу при переміщенні спортсменів, які спеціалізуються у практичній стрільбі з пістолету, способом «лижний» крок (n = 50)

Моменти часу в циклі ходьби	Кут у біопарі гомілка-стопа, град			
	правий		лівий	
	\bar{x}	S	\bar{x}	S
відриву лівої ноги від опори	95,10	3,97	101,01	4,18
момент вертикалі	78,14	2,16	82,50	4,18
постановки лівої ноги на опору	66,94	4,04	94,70	4,02
відриву правої ноги від опори	104,08	4,69	92,10	3,17
момент вертикалі	89,87	4,34	77,76	4,72
постановки правої ноги на опору	102,52	5,45	65,27	2,61

Для лівого гомілкового суглоба найбільші значення отримано у момент відриву лівої ноги від опори, що склало $101,01^0$ (S=4,18), а найменші у момент постановки правої ноги на опору – $65,27^0$ (S=2,61).

Слід також зауважити, що кут між віссю плечового поясу та віссю нижніх кінцівок досить сталий, що свідчить про мінімізацію відповідних обертальних рухів. Так, зокрема: в момент відриву лівої ноги від опори зазначений кутовий показник знаходиться в межах $4,57^0$ (S=0,31); у момент вертикалі – $4,27^0$ (S=0,22); у момент постановки лівої ноги на опору – $2,89^0$ (S=0,11); у момент відриву правої ноги від опори – $3,9^0$ (S=0,41); у момент вертикалі – $3,95^0$ (S=0,31); у момент постановки правої ноги на опору – $3,38^0$ (S=0,14).

У табл. 4-5 представлено показники кутових переміщень у суглобах нижніх кінцівок при «X-подібному» переміщенні спортсменів у процесі стрільби з пістолету.

У правому кульшовому суглобові найбільші значення кутових переміщень зафіксовані у момент відриву правої ноги від опори, які складають $140,54^0$ (S=4,06).

Таблиця 4

Кутові показники біопари тулуб-стегно у різні моменти часу при «X-подібному» переміщенні спортсменів у процесі стрільби з пістолету (n = 50)

Моменти часу в циклі ходьби	Кут у біопарі тулуб-стегно, град			
	правий		лівий	
	\bar{x}	S	\bar{x}	S
відриву лівої ноги від опори	115,82	3,12	136,60	4,39
момент вертикалі	120,64	4,37	117,87	3,45
постановки лівої ноги на опору	134,11	2,67	117,29	2,26
відриву правої ноги від опори	140,54	4,06	117,08	2,16
момент вертикалі	116,65	3,89	122,52	3,96
постановки правої ноги на опору	116,52	3,38	135,01	5,64

Кутові показники біопари стегно-гомілка у різні моменти часу при «Х-подібному» переміщенні спортсменів у процесі стрільби з пістолету (n = 50)

Моменти часу в циклі ходьби	Кут у біопарі стегно-гомілка, град			
	правий		лівий	
	\bar{x}	S	\bar{x}	S
відриву лівої ноги від опори	118,66	3,98	88,65	3,69
момент вертикалі	109,59	3,75	94,84	6,16
постановки лівої ноги на опору	98,45	4,18	151,62	4,15
відриву правої ноги від опори	83,94	3,39	110,30	2,67
момент вертикалі	88,07	5,72	111,16	5,09
постановки правої ноги на опору	149,68	4,47	100,34	4,06

Для лівого кульшового суглобу ці значення були в межах $136,60^{\circ}$ ($S=4,39$) у момент відриву лівої ноги від опори. Найменші ж значення показників кутових переміщень кульшових суглобів склали: для правого $115,82^{\circ}$ ($S=3,12$) у момент відриву лівої ноги від опори, а для лівого – $117,08^{\circ}$ ($S=2,16$) у момент відриву правої ноги від опори. При цьому спостерігаються такі показники нахилу тулуба у різні моменти часу: у момент відриву лівої ноги від опори зазначений кутовий показник був у межах $8,1^{\circ}$ ($S=0,74$); у момент вертикалі – $8,58^{\circ}$ ($S=0,84$); у момент постановки лівої ноги на опору – $8,07^{\circ}$ ($S=0,36$); у момент відриву правої ноги від опори – $6,44^{\circ}$ ($S=0,71$); у момент вертикалі – $7,02^{\circ}$ ($S=0,54$); у момент постановки правої ноги на опору – $7,01^{\circ}$ ($S=0,45$).

Аналізуючи показники кутових переміщень у колінному суглобі було встановлено, що найбільші показники у правому суглобі знаходилися в межах $149,68^{\circ}$ ($S=4,47$) у момент постановки правої ноги на опору, найменші були зафіксовані в момент відриву правої ноги від опори ($83,94^{\circ}$ ($S=3,39$)). Найбільші значення кутових переміщень у лівому колінному суглобові були зафіксовані у момент постановки лівої ноги на опору зі значеннями у $151,62^{\circ}$ ($S=4,15$), а найменші у момент відриву лівої ноги від опори – $88,65^{\circ}$ ($S=3,69$).

Кутові показники гомілкових суглобів при «Х-подібному» переміщенні у спортсменів були такі (табл. 6).

Таблиця 6

Кутові показники біопари гомілка-стопа у різні моменти часу при «Х-подібному» переміщенні спортсменів у процесі стрільби з пістолету (n = 50)

Моменти часу в циклі ходьби	Кут у біопарі гомілка-стопа, град			
	правий		лівий	
	\bar{x}	S	\bar{x}	S
відриву лівої ноги від опори	93,78	3,86	101,21	4,32
момент вертикалі	78,27	2,24	83,54	4,70
постановки лівої ноги на опору	64,66	4,32	100,52	3,47
відриву правої ноги від опори	103,52	4,35	92,31	3,14
момент вертикалі	91,01	4,33	76,66	3,89
постановки правої ноги на опору	100,60	4,95	61,57	2,34

Найбільші значення кутового переміщення правого гомілкового суглоба були в межах $103,52^0$ ($S=4,35$) і зафіксовані в момент відриву правої ноги від опори, найменші ж значення кутових переміщень для правого гомілкового суглоба були в межах $64,66^0$ ($S=4,32$) у момент постановки лівої ноги на опору.

Для лівого гомілкового суглоба граничні значення були такими: найбільші в момент відриву лівої ноги від опори ($101,21^0$ ($S=4,32$)), а найменші у момент постановки правої ноги на опору ($61,57^0$ ($S=2,34$)).

Слід зауважити, що окрім зменшення амплітуди кутових переміщень у суглобах нижніх кінцівкою, як це характерно й для більшості інших способів переміщення (окрім способу «звичайний» крок), що аналізуються нами, у процесі «Х-подібного» переміщення спостерігається так звана «Х-подібна» постановка нижніх кінцівок на опору, тобто використовується широка постановка стоп (у фронтальній площині), а колінний суглоб опорної кінцівки зміщено всередину, що призводить до відповідного нахилу гомілки по відношенню до вертикалі в опорний період.

Кут, що утворено вертикальною віссю зовнішньої системи відліку та вертикальною віссю гомілки опорної кінцівки при цьому знаходиться в межах 15^0 ($S=2,31$).

Така постановка нижніх кінцівок на опору зменшує можливість обертальних рухів тулуба відносно тазу. Зокрема, про цей факт свідчать показники відповідних кутових переміщень, а саме: в момент відриву лівої ноги від опори зазначений кутовий показник знаходився в межах $3,14^0$ ($S=0,21$); у момент вертикалі – $3,1^0$ ($S=0,34$); в момент постановки лівої ноги на опору – $2,66^0$ ($S=0,14$); в момент відриву правої ноги від опори – $3,49^0$ ($S=0,36$); в момент вертикалі – $2,23^0$ ($S=0,41$); в момент постановки правої ноги на опору – $3,07^0$ ($S=0,31$).

Кількісні показники кутових переміщень кульшових суглобів правої та лівої нижніх кінцівок при «низькому» переміщенні спортсменів у процесі стрільби з пістолету представлено у табл. 7.

Таблиця 7

Кутові показники біопарі тулуб-стегно у різні моменти часу при «низькому» переміщенні спортсменів у процесі стрільби з пістолету (n = 50)

Моменти часу в циклі ходьби	Кут у біопарі тулуб-стегно, град			
	права		ліва	
	\bar{x}	S	\bar{x}	S
відриву лівої ноги від опори	116,59	3,19	140,87	4,48
момент вертикалі	122,88	4,60	118,90	3,58
постановки лівої ноги на опору	134,91	2,54	120,03	2,16
відриву правої ноги від опори	138,47	4,54	121,73	2,21
момент вертикалі	116,42	3,97	126,60	4,27
постановки правої ноги на опору	117,85	3,34	139,58	5,81

Найбільші значення кутових переміщень для правого кульшового суглобу зафіксовано в момент відриву правої ноги від опору – $138,47^0$ ($S=4,54$), найменші при цьому знаходилися в межах $116,42^0$ ($S=3,97$) у момент вертикалі (при лівій опорній нозі).

Для лівого кульшового суглоба були отримані такі значення кутових переміщень, а саме: найбільші з них були отримані у момент відриву лівої ноги від опори ($140,87^{\circ}$ ($S=4,48$)), а найменші зафіксовані у момент вертикалі при правій опорній нозі ($118,90^{\circ}$ ($S=3,58$)). Слід також зауважити, що нахил тулуба в окремі моменти часу був чи не найбільшим серед усіх способів переміщення, що аналізуються нами. Так, у момент відриву лівої ноги від опори зазначений кутовий показник був у межах $8,82^{\circ}$ ($S=0,38$); у момент вертикалі – $9,37^{\circ}$ ($S=0,61$); у момент постановки лівої ноги на опору – $8,4^{\circ}$ ($S=0,56$); у момент відриву правої ноги від опори – $8,02^{\circ}$ ($S=0,54$); у момент вертикалі – $7,47^{\circ}$ ($S=0,39$); у момент постановки правої ноги на опору – $6,95^{\circ}$ ($S=0,41$).

Значення кутових переміщень у колінних суглобах правої та лівої кінцівки при «низькому» переміщенні спортсменів під час стрільби з пістолету представлено у табл. 8.

Таблиця 8

Кутові показники біопарі стегно-гомілка у різні моменти часу при «низькому» переміщенні спортсменів у процесі стрільби з пістолету (n = 50)

Моменти часу в циклі ходьби	Кут у біопарі стегно-гомілка, град			
	права		ліва	
	\bar{x}	S	\bar{x}	S
відриву лівої ноги від опори	119,70	4,20	92,24	3,80
момент вертикалі	107,41	4,80	103,04	5,96
постановки лівої ноги на опору	99,55	3,28	142,44	3,05
відриву правої ноги від опори	84,79	3,09	124,76	2,80
момент вертикалі	96,83	4,04	115,86	4,97
постановки правої ноги на опору	145,60	4,15	106,05	4,28

Зокрема, найбільші значення кутових переміщень правого колінного суглоба зафіксовано в момент постановки правої ноги на опору, що знаходився в межах $145,60^{\circ}$ ($S=4,15$). Найменші значення були зареєстровані для зазначеного вище суглоба у момент відриву правої ноги від опори – $84,79^{\circ}$ ($S=3,09$).

Для лівого колінного суглоба найбільші значення склали $142,44^{\circ}$ ($S=3,05$) в момент постановки лівої ноги на опору, а найменші були отримані в момент відриву лівої ноги від опори та знаходилися в межах $92,24^{\circ}$ ($S=3,80$).

Отримані кількісні показники свідчать про те, що спортсмени при використанні зазначеного способу переміщення майже не реалізують механізм активного відштовхування за рахунок відповідного розгинання у колінних суглобах. Фактично здійснюється перенесення ваги тіла з ноги на ногу. Більш значну роль у відштовхуванні та відповідно подальшому переміщенні тіла спортсмена відіграє активність рухів у гомілковому суглобі, що видно з табл. 9.

Так, найбільші значення кутових переміщень для правого гомілкового суглобу отримано у момент відриву правої ноги від опори – $102,87^{\circ}$ ($S=4,92$). Найменші значення для правого гомілкового суглобу зареєстровані у момент постановки лівої ноги на опору. Для лівого гомілкового суглобу значення кутових переміщень були такі: найбільші, що зафіксовані у момент відриву лівої ноги від опори, були в межах $96,31^{\circ}$ ($S=4,08$); найменші – $64,24^{\circ}$ ($S=2,81$), у момент постановки правої ноги на опору.

Кутові показники біопарі гомілка-стопа у різні моменти часу при «низькому» переміщенні спортсменів у процесі стрільби з пістолету (n = 50)

Моменти часу в циклі ходьби	Кут у біопарі гомілка-стопа, град			
	права		ліва	
	\bar{x}	S	\bar{x}	S
відриву лівої ноги від опори	92,47	3,44	96,31	4,08
момент вертикалі	73,93	2,35	84,57	4,20
постановки лівої ноги на опору	72,72	4,45	90,97	4,17
відриву правої ноги від опори	102,87	4,81	92,40	2,15
момент вертикалі	90,07	4,61	76,14	4,91
постановки правої ноги на опору	94,77	4,86	64,24	2,81

Цікавим є той факт, що у процесі «низького» переміщення майже відсутнє кутове переміщення плечового поясу відносно тазу, про що власне свідчать відповідні кількісні показники: у момент відриву лівої ноги від опори кут, що утворений віссю поясу верхніх кінцівок та віссю поясу нижніх кінцівок знаходиться в межах $2,47^0$ (S=0,33); у момент вертикалі – $1,58^0$ (S=0,21); у момент постановки лівої ноги на опору – $2,42^0$ (S=0,14); у момент відриву правої ноги від опори – $1,46^0$ (S=0,23); у момент вертикалі – $1,43^0$ (S=0,45); у момент постановки правої ноги на опору – $2,74^0$ (S=0,36).

Дискусія. Питання підвищенні ефективності системи вдосконалення стрілецької майстерності викликають значний інтерес науковців. У спеціальній літературі відображені конвенціональні закономірності конструювання змагальних вправ, що відображаються відповідними гейм-планами – техніко-тактичними схемами, модулями, у вербально-графічній наочній формі, що представляють всі якісно-кількісні характеристики стрілецьких вправ у практичній стрільбі. Науковий аналіз зазначених закономірностей припускає виділення та диференційований розгляд, перш за все, таких основних факторів, як: загальна кількість вправ (гейм-планів); співвідношення типів вправ; відповідність мінімальної кількості пострілів і можливої кількості набраних очок; наявність, характер, функції декорацій; комплектація та функції мішеневого обладнання (в тому числі й як тренажерних пристроїв зі зворотним біологічним зв'язком) [4, 9]. Отримані результати доповнюють інформацію вище зазначеного напрямку стосовно підвищення ефективності навчально-тренувального процесу у практичній стрільбі.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Проведений біомеханічний аналіз дозволив виявити принципові відмінності у біомеханічній структурі техніки різних способів переміщення («лижний», «X-подібний» та «низький» крок) спортсменів під час стрільби. Перспективи подальших досліджень передбачають розробку технології формування техніки переміщення спортсменів у практичній стрільбі.

Список літературних джерел

1. Бишевец Н.Г., Омецинська Н.В., Юсипів Т.В. (2021). Теорія ймовірностей та математична статистика з використанням табличного процесора MS Excel: навч. пос. Одеса: Видавничий дім «Гельветика». 234 с.
2. Івченко В.Ю. Особливості просторової організації системи «стрілок-карабін» у практичній стрільбі К.: 2021. 66 с. URL: <https://uni-sport.edu.ua/sites/default/files/vseDocumenti/reoprozitari>
3. Івченко В.Ю. Визначення оптимального способу переміщення стрілка під час стрільби у русі Реабілітаційні та фізкультурно-рекреаційні аспекти розвитку людини (Rehabilitation & recreation): НУВГП, 2021.8.20-5. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5510413>.
4. Івченко В., Литвиненко Ю., Кашуба В., Крикун Ю. Гоніометричні показники біопар опорно-рухового апарату у різні моменти часу при переміщенні спортсменів, які спеціалізуються у практичній стрільбі з пістолету, способами «звичайний» та «лінійний» крок. Фізична культура, спорт та здоров'я нації. 2022;13 (32):302-12. DOI: 10.31652/2071-5285-2022-13(32)-302-312.
5. Кашуба Віталій, Івченко Віталій З досвіду використання методу експертних оцінок щодо ідентифікації оптимального способу переміщення стрілка під час стрільби у русі Біомеханіка спорту, оздоровчої рухової активності, фізичної терапії та ерготерапії: актуальні проблеми, інноваційні проекти та тренди». Матеріали I Всеукраїнської електронної науково-практичної конференції з міжнародною участю. Київ: Національний університет фізичного виховання і спорту України [електронний ресурс]. 25 травня 2021. 42-5.
6. Литвиненко ЮВ. Современные оптико-электронные системы регистрации и анализа двигательных действий спортсмена: метод. рекомендации К.: Экспрес, 2012. 52 с.
7. Литвиненко ЮВ. Регуляція пози спортсменів у складних умовах статодинамічної стійкості тіла:

References

1. Bishevets N.G., Ometsinska N.V., Yusipiv T.V. (2021). Theory of Immortality and Mathematical Statistics from Variants of MS Excel Spreadsheet Processor: Navch. settlement Odesa: Vidavnichiy house "Helvetika". 234 p.
2. Ivchenko V.Yu. Features of the spacious organization of the “shooter-carbine” system in practical shooting K.: 2021. 66 p. URL: <https://uni-sport.edu.ua/sites/default/files/vseDocumenti/reoprozitari>
3. Ivchenko V.Yu. Designation of the optimal way to move the arrow for the hour of shooting in Russia Rehabilitation & recreation: NUVGP, 2021.8.20-5. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5510413>.
4. Ivchenko V., Litvinenko Yu., Kashuba V., Krikun Yu. Physical culture, sport and healthy nation. 2022;13(32):302-12. DOI: 10.31652/2071-5285-2022-13(32)-302-312.
5. Kashuba Vitaliy, Ivchenko Viltali Zubilid Viktoristanni method of expert - legged buckets of the optimal way of moving the pydka pylbi at Rusi Biomekhanika, a dosury of the Materials of the 1st All-Ukrainian electronic scientific and practical conference with international participation. Kyiv: National University of Physical Education and Sports of Ukraine [electronic resource]. May 25, 2021. 42-5.
6. Litvinenko YV. Modern optical-electronic systems for registration and analysis of athlete's motor actions: method. recommendations K.: Express, 2012. 52 p.
7. Litvinenko YuV. Regulation of the posture of athletes in folding minds of statodynamic body stability: monograph. Lutsk: Vezha-Druk; 2018. 324 p.
8. Pyatkov V. Analysis of microfibrillation of the hand of sportsmanship of the highest qualification in shooting with a pistol. Sports Science of Ukraine, 2016. 6 (76), 41-47.

- монографія. Луцьк: Вежа-Друк; 2018. 324 с.
8. Пятков В. Аналіз мікрорухів кисті спортсмена вищої кваліфікації у стрільбі з пістолета. Спортивна наука України, 2016. 6 (76), 41-47.
 9. Стэгер Б. Навыки и дриллы по практической стрельбе из пистолета. Полиграф-Сервис-Плюс, 2017. 185 с.
 10. Din W.R.W., Rambely, A.S. & Jemain, A.A. (2011). Load carriage analysis for Malaysian military using functional data analysis technique. In Proceedings of 4th International Conference on Modelling, Simulation & Applied Optimization (ICMSAO), IEEE Xplore, pp 1-8.
 11. Kashuba, V, Stepanenko, O, Byshevets, N, Kharchuk, O, Savliuk, S, Bukhovets, B, Grygus, I, Napierała, M, Skaliy, T, Hagner-Derengowska, M, Zukow, W. (2020). Formation of Human Movement and Sports Skills in Processing Sports-pedagogical and Biomedical Data in Masters of Sports. International Journal of Human Movement and Sports Sciences, 8(5), 249-257. DOI:10.13189/saj.2020.08051
 12. Lourenço I CP, Silva AS. Posture control and vestibular oculomotor system in pistol sport shooters Rev Bras Med Esporte vol.19 no.5 São Paulo Sept./Oct. 2013 <https://doi.org/10.1590/S1517-86922013000500002>
 9. Steger B. Skills and drills for practical pistol shooting. Polygraph-Service-Plus, 2017. 185 p.
 10. Din W.R.W., Rambely, A.S. & Jemain, A.A. (2011). Load carriage analysis for Malaysian military using functional data analysis technique. In Proceedings of 4th International Conference on Modelling, Simulation & Applied Optimization (ICMSAO), IEEE Xplore, pp 1-8.
 11. Kashuba, V, Stepanenko, O, Byshevets, N, Kharchuk, O, Savliuk, S, Bukhovets, B, Grygus, I, Napierała, M, Skaliy, T, Hagner-Derengowska, M, Zukow, W. (2020). Formation of Human Movement and Sports Skills in Processing Sports-pedagogical and Biomedical Data in Masters of Sports. International Journal of Human Movement and Sports Sciences, 8(5), 249-257. DOI:10.13189/saj.2020.08051
 12. Lourenço I CP, Silva AS. Posture control and vestibular oculomotor system in pistol sport shooters Rev Bras Med Esporte vol.19 no.5 São Paulo Sept./Oct. 2013 <https://doi.org/10.1590/S1517-86922013000500002>

DOI: 10.31652/2071-5285-2023-15(34)-214-226

Відомості про авторів:

Івченко В.; orcid.org/0009-0001-5060-4860; ivvit0303@gmail.com; Національний університет фізичного виховання і спорту України. вул. Фізкультури, 1, м.Київ, 03150, Україна.

Литвиненко Ю.; orcid.org/0000-0002-3226-0435; ylitvinenko.biomechanics@gmail.com; Національний університет фізичного виховання і спорту України. вул. Фізкультури, 1, м.Київ, 03150, Україна.

Кашуба В.; <https://orcid.org/0000-0001-6669-738X>; Vitaliy_kashuba@ukr.net; Національний університет фізичного виховання і спорту України. вул. Фізкультури, 1, м.Київ, 03150, Україна.