

Kashuba Vitaliy, Litvinenko Yurii, Vako Ilia. On the use of optoelectronic motion registration systems in biomechanical analysis of strike techniques. *Journal of Education, Health and Sport*. 2017;7(3):939-948. eISSN 2391-8306. DOI <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.4546285>  
<http://ojs.ukw.edu.pl/index.php/johs/article/view/7848>

The journal has had 7 points in Ministry of Science and Higher Education parametric evaluation. Part B item 1223 (26.01.2017).  
1223 Journal of Education, Health and Sport eISSN 2391-8306 7

© The Author (s) 2017;

This article is published with open access at Licensee Open Journal Systems of Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz, Poland

Open Access. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and source are credited. This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this paper.

Received: 27.03.2017. Revised 28.03.2017. Accepted: 29.03.2017.

## On the use of optoelectronic motion registration systems in biomechanical analysis of strike techniques

Vitaliy Kashuba, Yurii Litvinenko, Ilia Vako

National University of Ukraine on Physical Education and Sport Ukraine, Kyiv, Ukraine

Blak Sea National University named after Petro Mohyla, Nikolaev, Ukraine

### Abstract

**Topicality.** Sports and technical skills, as an element of a holistic process of sports training, occupy one of the priority places in the overall structure of sports skills. The study, formation, improvement and development of the most rational models of sport technique are closely related to the use of modern video recording systems.

**The task of the study** is to analyse the knee strike technique, applied by the athletes of different qualifications with the help of "Qualisys" optoelectronic system.

**Results of the research.** Analysis of highly skilled athletes' competitive activities shows that a knee strike is mainly used in close combat. Much less often such a strike can be put in a jump from a long or average distance. In our work, we have analysed the technique of right knee strike, performed from the starting position characteristic of close combat.

**Conclusions.** When studying the biokinematic structure of the knee strike technique, used by athletes of different qualification, differences in the dynamics of changes in the speed of the lower extremity joints on athlete' impact side of were found, which indicates higher coordination of movements, performed by highly skilled athletes. Thus, regarding highly qualified athletes the peaks of the maximum speed of their ankle and knee joints coincide in time, contrary to the skilled athletes. The speed of the skilled athletes' ankle and hip joints at

certain times is higher than those of highly skilled. However, the maximum value of speed of the highly skilled athletes' strike link, as a rule, is higher on average by  $0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . The general patterns include the reduction of the resulting knee speed for athletes of different qualification at the time of strike performance in reference to the maximum values that precede the strike interaction.

**Key words: strike technique; optoelectronic systems; video analysis.**

## **ДО ПИТАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ РЕЄСТРАЦІЇ РУХІВ ПРИ БІОМЕХАНІЧНОМУ АНАЛІЗІ ТЕХНІКИ УДАРНИХ ДІЙ**

**<sup>1</sup>Віталій Кашуба, <sup>1</sup>Юрій Литвиненко, <sup>2</sup>Ілля Вако**

**<sup>1</sup>Національний університет фізичного виховання і спорту України, м. Київ**

**<sup>2</sup>Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв**

### **Анотація**

**Актуальність.** Спортивно-технічна майстерність, як елемент цілісного процесу спортивної підготовки, займає одне з пріоритетних місць в загальній структурі спортивної майстерності. Вивчення, формування, вдосконалення та розробка найбільш раціональних зразків спортивної техніки тісно пов'язано з використанням сучасних систем відеореєстрації.

**Завдання дослідження** – провести аналіз техніки удару коліном спортсменів різної кваліфікації з використанням оптико-електронної системи «Qualisys».

**Результати дослідження.** Аналіз змагальної діяльності спортсменів високої кваліфікації показує, що удар коліном переважно використовується в умовах ближнього бою. Значно рідше такий удар може наноситися в стрибку з дальньої або середньої дистанції. У нашій роботі аналізувалася техніка удару правим коліном з вихідного положення характерного для ближнього бою.

**Висновки.** При вивченні біокінематичної структури техніки удару коліном спортсменами різної кваліфікації були виявлені відмінності в динаміці зміни швидкості суглобів нижньої кінцівки з ударного боку спортсмена, яка свідчать про більш високу узгодженість рухів спортсменів високої кваліфікації. Так, у висококваліфікованих спортсменів піки максимальної швидкості гомілковостопного і колінного суглобів

збігаються за часом на відміну від кваліфікованих. Показники швидкості гомілковостопного і тазостегнового суглобів у кваліфікованих спортсменів в окремі моменти часу вищі, ніж у висококваліфікованих. Разом з тим максимальне значення швидкості ударної ланки у спортсменів високої кваліфікації, як правило, вище в середньому на  $0,5 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ . До загальних закономірностей слід віднести зниження результуючої швидкості коліна у спортсменів різної кваліфікації в момент удару від максимальних значень, які випереджають ударну взаємодію.

**Ключові слова:** техніка ударних дій; оптико-електронні системи; відеоаналіз.

**Постановка наукової проблеми.** Питання підвищення ефективності спортивно-технічної майстерності на сучасному етапі розвитку спорту вищих досягнень є одним з найбільш актуальних. Свідченням цього може служити підвищена увага науковців і практикуючих тренерів, виражена як численними науково-практичними розробками, які представлені в спеціальній літературі [1, 2, 16], так і безпосереднім пошуком і реалізацією на практиці найрізноманітніших методичних підходів до вдосконалення спортивної техніки [3, 5, 13].

Одним з найбільш важливих аспектів у даному питанні завжди була і залишається на сьогоднішній момент організація процесу пізнання закономірностей рухових дій.

В даний час в практиці спорту вищих досягнень аналіз спортивної техніки немислимий без застосування високоточної вимірювальної техніки, що дозволяє фахівцеві оцінити, як внутрішню, так і зовнішню сторони руху.

Найбільш поширеними в цьому відношенні слід вважати методи відеореєстрації (оптичні та оптико-електронні) [4, 8, 14].

Разом з тим найбільш значущою перевагою подібних систем відеоаналізу є можливість їх використання в змагальній практиці, де створюються всі необхідні умови для реалізації рухового потенціалу спортсмена і демонструються унікальні зразки спортивної техніки [4, 8, 9].

**Мета дослідження** – провести аналіз техніки удару коліном спортсменів різної кваліфікації з використанням оптико-електронної системи «Qualisys».

**Методи дослідження** – аналіз літературних джерел, відеозйомка та біомеханічний відеокомп'ютерний аналіз з використанням оптико-електронної системи «Qualisys» (в складі якої сім синхронізованих камер інфрачервоного випромінювання) [16], методи математичної статистики. Інфрачервона відеозйомка проводилася з частотою  $150 \text{ до} \cdot \text{с}^{-1}$  [15].

У дослідженнях взяли участь члени збірної команди м. Києва з тайського боксу. Кількість піддослідних 7 осіб, в числі яких 2 майстри спорту і 5 спортсменів першого розряду. Кожен спортсмен виконував 5 спроб (удар коліном в стандартних умовах) [15].

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Ударом в механіці називається короткочасна взаємодія тіл, в результаті яких різко змінюються їх швидкості. При таких взаємодіях виникають настільки великі сили, що дією всіх можна знехтувати [12]. Послідовність механічних явищ при ударі така: спочатку відбувається деформація тіл, при цьому кінетична енергія руху перетворюється на потенційну енергію пружної деформації, потім потенційна енергія переходить у кінетичну. Залежно від того, яка частина потенційної енергії переходить в кінетичну, а яка розсіюється у вигляді тепла, розрізняють три види удару: *цілком пружний удар* – вся механічна енергія зберігається. Таких ударів в природі немає (завжди частина механічної енергії при ударі переходить в тепло). Однак в деяких випадках удари, наприклад удар бильярдних куль, близькі до цілком пружного удару; *непружний удар* – енергія деформації повністю переходить в тепло. Приклад: приземлення в стрибках і зіскоках, удар кульки з пластиліну в стіну і т. п. При непружному ударі швидкості взаємодіючих тіл після удару рівні (тіла об'єднуються); *не цілком пружний удар* – лише частина енергії пружної деформації переходить в кінетичну енергію руху [12].

Ударними в біомеханіці називаються дії, результат яких досягається механічним ударом [12].

Як відомо, розробка сучасних технологій навчання рухових дій є однією з важливих педагогічних завдань сучасного спорту [14]. У сучасному спорті все частіше виникає необхідність поглибленого дослідження структури техніки ударних дій і розробки нових технологій формування та вдосконалення технічного арсеналу спортсменів [9, 10].

Аналіз змагальної діяльності спортсменів високої кваліфікації показує, що удар коліном переважно використовується в умовах ближнього бою. Значно рідше такий удар може наноситися в стрибку з дальньої або середньої дистанції. У нашій роботі аналізувалася техніка удару правим коліном з вихідного положення характерного для ближнього бою [6, 7, 15].

Техніку удару коліном в тайському боксі прийнято умовно ділити на чотири фази: вихідне положення, фаза замаху, ударний рух (рух ударної ноги в бік цілі), а також фаза удару [6, 7, 15].

У кожній фазі вирішуються свої завдання, але всі вони, так чи інакше, спрямовані на розвиток максимальної сили і досягнення її в момент удару при точному попаданні в ціль [6, 7, 15].

Аналізуючи техніку удару коліном кваліфікованих спортсменів, було виявлено, що в початковому положенні кут нахилу тулуба відносно вертикалі складає в середньому  $210$  ( $S = 1,5$ ). Кут в правому гомілковостопному суглобі склав  $109,530$  ( $S = 4,8$ ). У колінному суглобі правої ноги кут був в межах  $153,530$  ( $S = 2,7$ ). Кут в тазостегновому суглобі –  $173,640$  ( $S = 3,9$ ) [6, 7, 15].

У спортсменів високої кваліфікації в початковому положенні кут нахилу тулуба відносно вертикалі дорівнював  $200$  ( $S = 1,8$ ), в правому гомілковостопному суглобі склав  $83,160$  ( $S = 2,7$ ), колінному суглобі був в межах  $157,780$  ( $S = 2,3$ ), а в тазостегновому суглобі –  $159,560$  ( $S = 2,9$ ) відповідно [6, 7, 15].

При виконанні ударних дій важливим є швидкість біозвена яке наносить удар. Для розвитку максимальної його швидкості необхідно певні поєднання в часі рухів інших біоланок. Важливим також є збіг максимального піку швидкості ударної ланки з моментом удару [6, 7, 15].

Так, при виконанні ударного руху спостерігається різке зростання швидкості всіх суглобів з ударного боку спортсмена. Одночасно відбувається активне розгинання в гомілковостопному суглобі правої ударної ноги і колінному суглобі лівої (опорною). У колінному і тазостегновому суглобах ноги, що б'є відзначається згинання. Така тенденція є спільною для всіх спортсменів незалежно від їх кваліфікації [6, 7, 15].

Максимальні значення результуючої швидкості гомілковостопного суглоба у кваліфікованих спортсменів були в межах  $6,923 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ , в момент удару –  $5,534 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ . Для колінного суглоба максимум результуючої швидкості склав  $6,217 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ . До моменту удару швидкість значно знизилася до  $5,264 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ . Причому досягнення максимального значення швидкості відбувається, як правило, в середньому за  $0,086 - 0,09$  с до самого удару. У той же час пік максимуму швидкості тазостегнового суглоба збігається з моментом удару і становить в межах  $3,106 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$  [6, 7, 15].

У спортсменів високої кваліфікації максимальне значення результуючої швидкості гомілковостопного суглоба становить в середньому  $6,675 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ , в момент удару –  $5,57 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ . Для колінного суглоба максимум результуючої швидкості знаходиться в межах  $6,68 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ . До моменту удару швидкість знизилася до  $5,534 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ . Необхідно відзначити, що піки максимальної швидкості гомілковостопного і колінного суглобів, як правило, збігаються в часі і випереджають момент удару.

Максимальна швидкість тазостегнового суглоба була в межах  $2,723 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ , що збігається з моментом удару [6, 7, 15].

Вивчення техніки удару коліном спортсменами різної кваліфікації дозволив встановити як загальні закономірності, як і відмінні риси [6, 7, 15].

До загальних закономірностей слід віднести схожу динаміку зміни швидкості деяких суглобів з б'є боку спортсмена. Як правило, пік максимуму швидкості колінного і гомілковостопного суглобів випереджає момент удару, при цьому у висококваліфікованих спортсменів ці піки збігаються за часом, а у кваліфікованих спортсменів пік швидкості колінного суглоба відзначається дещо раніше піку швидкості гомілковостопного. Момент удару збігається з піком швидкості тазостегнового суглоба як кваліфікованих, так і висококваліфікованих спортсменів. Разом з тим, у спортсменів високої кваліфікації відзначається менша втрата швидкості для колінного і гомілковостопного суглобів до моменту удару [6, 7, 15].

Важливою відмінною рисою можна вважати те, що швидкість коліна і стопи у спортсменів високої кваліфікації по модулю, практично однакові. Це може свідчити про цілісність ударної ланки, яке здійснюється спортсменом за допомогою фіксації в колінному і гомілковостопному суглобах, що дозволяє уникнути додаткових рухів в цих суглобах. Таким чином, збільшується маса ударної ланки, що є вкрай важливо при виконанні ударних дій [6, 7, 15].

У кваліфікованих спортсменів максимальні значення по модулю швидкості колінного і гомілковостопного суглобів значно відрізняються. Цей факт побічно дозволяє говорити про те, що ударний кінематичний ланцюг має не зафіксовані ступеня свободи в окремих суглобах. Іншою причиною може служити дещо інший напрямок рух ударної ноги. Так, стегно махової (ударної) ноги до моменту удару може мати напрямок більше вгору, ніж вперед. При цьому кінцеве положення спортсменів різної кваліфікації підтверджує висловлену думку [6, 7, 15].

У кваліфікованих спортсменів в момент удару тулуб злегка нахилено вперед, при цьому стегно ноги, що б'є, мало рух переважно вгору з просуванням вперед [6, 7, 15].

**Висновки.** На сьогоднішній день формування і вдосконалення спортивної техніки здійснюється на підставі кількісних даних одержуваних за допомогою сучасних оптико-електронних систем реєстрації рухів тіла спортсмена і реалізованих в процесі біомеханічного аналізу, синтезу, а також моделювання найбільш раціональних зразків техніки.

При вивченні біокінематичні структури техніки удару коліном спортсменами різної кваліфікації були виявлені відмінності в динаміці зміни швидкості суглобів нижньої кінцівки що з ударного боку спортсмена, які свідчать про більш високу узгодженість рухів спортсменів високої кваліфікації.

Так, у висококваліфікованих спортсменів піки максимальної швидкості гомілковостопного і колінного суглобів збігаються за часом на відміну від кваліфікованих. Показники швидкості гомілковостопного і тазостегнового суглобів у кваліфікованих спортсменів в окремі моменти часу вищі, ніж у висококваліфікованих. Разом з тим максимальне значення швидкості ударної ланки у спортсменів високої кваліфікації, як правило, вище в середньому на  $0,5 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ .

До загальних закономірностей слід віднести зниження результуючої швидкості коліна у спортсменів різної кваліфікації в момент удару на  $0,9 - 1,1 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$  від максимальних значень, які випереджають ударну взаємодію.

#### **Список літературних джерел**

1. Вако І. Кількісна біомеханічна характеристика базової техніки рукопашного бою курсантів у процесі спеціальної фізичної підготовки Молодіжний науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. 2015.17.33–38.
2. Вако І.І. Особливості техніки рукопашного бою у процесі спеціальної фізичної підготовки курсантів Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова (Сер. № 15: Науково-педагогічні проблеми фізичної культури / Фізична культура і спорт) / за ред. Г.М. Арзютова. – К.: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2015. 6 (62).17–20.
3. Григус І.М., Старіков В.С., Євтух М.І. Оцінювання функціональних резервних можливостей організму та покращення фізичної працездатності студентів. Фізична культура, спорт та здоров'я нації: зб. наук. праць. Вінниця: ТОВ «Планер», 2016. Випуск 1. 51–56.
4. Кашуба В.А., Хмельницкая И.В. Современные оптико-электронные методы измерения и анализа двигательных действий спортсменов высокой квалификации Наука в олимп. спорте. 2005.2. 137-146.
5. Кашуба ВА, Литвиненко ЮВ, Данильченко ВА. Моделирование движений в спортивной тренировке. Физическое воспитание студентов. 2010;(4):40-4.
6. Кашуба ВА, Литвиненко ЮВ, Зарудный ВЮ, Беленко СС. Биомеханические аспекты техники ударных действий в восточных единоборствах. Теория и методика физической культуры. 2012;4(31):90-6.

7. Кашуба ВА, Литвиненко ЮВ, Юхно ЮА, Зарудный ВЮ, Беленко СС. Теоретико-практические аспекты использования оптико-электронных систем регистрации движений при биомеханическом анализе спортивной техники. Молодіжний науковий вісник Східноєвроп. нац. ун-ту ім. Лесі Українки. 2013;(9):7-15.
8. Кашуба ВА, Литвиненко ЮВ, Гордеева МВ, Зарудный ВЮ. Биомеханика спортивных движений и современные видеокomпьютерные методы их контроля. Теория и методика физической культуры. 2013;4(35):31-7.
9. Кашуба ВА. К вопросу использования современных технологий в спортивной подготовке Молодіжний науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Фізичне виховання і спорт : журнал / уклад. А.В. Цьось, А.І. Альошина. – Луцьк : Східноєвроп. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2015.19.171-183.
- 10.Кашуба ВА. Инновационные технологии в современном спорте Спортивний вісник Придніпров'я – науково-практичний журнал Дніпропетровського державного інституту фізичної культури і спорту.2016. 1.46-57.
- 11.Кашуба ВА, Гордеева МВ, Жук АА, Ризатдинова АС, Литвиненко ЮВ. Программа повышения эффективности техники двигательных действий в видах спорта со сложнокоординационной структурой движения. В: Știința culturii fizice. Revistă teoretico-științifică. № 27/1. Chisinau: Universitatea de Stat de Educație Fizică și Sport, Publicație științifică recenzată (Categoriа „С”); 2017. 93-8.
12. Лапутин А. Н. Гравитационная тренировка. К.: Знання, 1999. 316 с.
13. Лебедь О.О., Гаращенко В.І., Григус І.М. Біологічна та медична механіка: навч. посіб. Рівне: НУВГП, 2016. 186 с.
14. Литвиненко Ю.В. Современные оптико-электронные системы регистрации и анализа двигательных действий спортсмена: метод. рекомендации К.: Экспрес, 2012. – 52 с.
15. Литвиненко ЮВ, Беленко СС. Біомеханічні особливості техніки ударних дій в тайському боксі спортсменами різної кваліфікації. Теорія і методика фізичного виховання і спорту. 2013;(2):118-21.
16. Pelech I.V., Grygus I.M. Level of physical fitness students. Journal of Education, Health and Sport. 2016;6(2):87-98.
17. <http://www.qualisys.com>



## References

1. Wako I. Kilkisna biomechanical characteristic of the basic technique of hand-to-hand combat of cadets in the process of special physical training. 2015.17.33–38.
2. Wako I.I. Special features of hand-to-hand combat techniques in the process of special physical training of cadets Science hour writing of the National Pedagogical University for the name of M.P. Dragomanov (Ser. No. 15: Scientific-pedagogical problems of physical culture / Physical sports) for culture. G.M. Arzyutova. - K.: NPU imene M.P. Dragomanova, 2015.6 (62) .17–20.
3. Grygus I.M., Starikov V.S., Yevtukh M.I. Otsiniuvannia funktsionalnykh rezervnykh mozhlyvostei orhanizmu ta pokrashchennia fizychnoi pratsezdatsnosti studentiv. Fizychna kultura, sport ta zdorovia natsii: zb. nauk. prats. Vinnytsia: TOV «Planer», 2016. Vypusk 1. 51–56.
4. Kashuba VA, Khmel'nitskaya IV. Modern optical-electronic methods for measuring and analyzing motor actions of highly qualified athletes Science in Olympus. sports. 2005.2. 137-146.
5. Kashuba VA, Litvinenko YuV, Danilchenko VA. Simulation of movements in sports training. Physical education of students. 2010; (4): 40-4.
6. Kashuba VA, Litvinenko YV, Zarudny VYu, Belenko SS. Biomechanical aspects of percussion techniques in martial arts. Theory and methodology of physical culture. 2012; 4 (31): 90-6.
7. Kashuba VA, Litvinenko YuV, Yukhno YuA, Zarudny VYu, Belenko SS. Theoretical and practical aspects of the use of optical-electronic systems for registration of movements in biomechanical analysis of sports equipment. Young Science Visnik Skhidnoevrop. nat. un-tu im. Lesi Ukrainka. 2013; (9): 7-15.
8. Kashuba VA, Litvinenko YuV, Gordeeva MV, Zarudny VYu. Biomechanics of sports movements and modern video computer methods of their control. Theory and methodology of physical culture. 2013; 4 (35): 31-7.
9. Kashuba VA. On the issue of using modern technologies in sports training. Physical behavior and sport: magazine / way. A.V. Ts'os, A.I. Aloshin. - Lutsk: Skhidnoevrop. nat. un-t im. Lesi Ukrainka, 2015.19.171-183.
10. Kashuba VA. Innovative technologies in modern sports Sports visnik of Pridniprov'ya – a scientific and practical journal of the Dnipropetrovsk State Institute of Physical Culture and Sports. 2016. 1.46-57.

11. Kashuba VA, Gordeeva MV, Zhuk AA, Rizatdinova AS, Litvinenko YuV. The program for improving the efficiency of motor actions technique in sports with a complex coordination structure of movement. In: Știința culturii fizice. Revistă teoretico-științifică. No. 27/1. Chisinau: Universitatea de Stat de Educație Fizică și Sport, Publicație științifi că recenzată (Categoría „C”); 2017.93-8.
12. Laputin AN. Gravitational training. K.: Znannya, 1999.316 p.
13. Lebed O.O., Harashchenko V.I., Grygus I.M. Biolohichna ta medychna mekhanika: navch. posib. Rivne: NUVHP, 2016. 186 s.
14. Litvinenko Yu.V. Modern optoelectronic systems for registration and analysis of athlete's motor actions: method. Recommendations. K.: Ekspres, 2012. 52 p.
15. Litvinenko YV, Belenko SS. Biomechanical specialties of drum technology in Thai boxing by athletes of excellent quality. Theory and methodology of physical education and sports. 2013; (2): 118-21.
16. Pelech I.V., Grygus I.M. Level of physical fitness students. Journal of Education, Health and Sport. 2016;6(2):87-98.
17. <http://www.qualisys.com>