

УДК 796.012.5:612.76

Наталія ДОЛГОПОЛОВА

Володимир АШАНІН

Олексій БУЛГАКОВ

*Харківська державна академія фізичної культури*

**БІОМЕХАНІЧНИЙ ВІДЕОАНАЛІЗ ОСНОВНИХ ЕТАПІВ ВИКОНАННЯ  
TWISTED GRIP І CUP GRID В ПІЛОННОМУ СПОРТІ З  
ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОГО  
ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

*Анотація.* В даній статті досліджується біомеханічний аналіз спеціальних хватів - Twisted Grip і Cup Grid, які використовуються для виконання елемента Handspring в пілонному спорті. Детальний біомеханічний відеоаналіз рухів верхніх кінцівок з урахуванням анатомо-морфологічних особливостей будови плечового поясу проводиться з використанням комп'ютерного програмного забезпечення. Дослідження сприяє технічному удосконаленню виконання елементів та зменшенню ризику травматизму в пілонному спорті.

**Ключові слова:** біомеханічний відеоаналіз, біомеханіка, скручений хват, чоловічий хват, пілонний спорт, комп'ютерне програмне забезпечення, комп'ютерна програма Kinovea.

**Abstract.** This article examines the biomechanical analysis of special grips - Twisted Grip and Cup Grid, which are used to perform the Handspring element in pole sports. A detailed biomechanical video analysis of the movements of the upper limbs, taking into account the anatomical and morphological features of the structure of the shoulder girdle, is carried out using computer software. The study contributes

*to the technical improvement of the performance of the elements and the reduction of the risk of injury in pole sports.*

**Keywords:** *biomechanical video analysis, biomechanics Twisted Grip, Cup Grid, pole sport, computer software, Kinovea computer program.*

**Вступ.** В останні роки пілонний спорт, відомий також як Pole Dance, зазнав значного зростання популярності та визнання як унікальний вид спорту та художнього виразу [3, 8]. Це складно координований, ациклічний вид спорту, який вимагає від спортсменів високого рівня сили, спеціальної витривалості, рівноваги, координації рухів і гнучкості.

Правильність виконання елементів в цьому виді спорту є основним фактором для запобігання травматизму серед спортсменів, а завданням тренерів є контроль правильності виконання цих елементів [9-11]. Сучасні тенденції розвитку тренувального процесу обумовлюють необхідність пошуку інноваційних підходів до вдосконалення технічної підготовленості спортсменів, а ефективно вирішувати такі завдання допомагають системи комп'ютерного біомеханічного відеоаналізу рухів [1-2, 4].

Особливості застосування інформаційних технологій при проведенні біомеханічного аналізу виконання рухових дій з різних видів спорту обґрунтовані в дослідженнях Кашуби В.О. et al. [6] та Ашаніна В.С. et al. [1]. Для біомеханічного відеоаналізу рухів використовують програму Kinovea, яка надає розширені можливості для перегляду та визначення кількісних параметрів рухів, таких як суглобові кути, траєкторії ключових точок та тривалість фаз [2-5]. Як зазначено в цих роботах, біомеханічний аналіз допомагає покращити ефективність виконання технічного прийому і служить основою для удосконалення оптимальної техніки рухів. Це сприяє не тільки підвищенню рівня володіння технічними елементами, а і зниженню ризику травматизму [12].

**Мета та завдання дослідження.** Проаналізувати техніку виконання хватів Twisted Grip і Cup Grid в пілонному спорті, які використовуються для виконання Handspring засобами комп'ютерного біомеханічного аналізу відеозаписів.

**Матеріал і методи дослідження.** Для проведення дослідження були запрошені спортсмени-початківці, які займаються пілонним спортом та прагнуть покращити техніку виконання та попередити травматизм. За допомогою камери смартфона з частотою знімання 60 кадрів на секунду проводився збір відеоматеріалу. Детальний аналіз техніки виконання та вимірювання біомеханічних параметрів проводилося в програмі Kinovea.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Питання біомеханічного аналізу роботи верхніх кінцівок в пілонному спорті з урахуванням анатомо-морфологічних особливостей будови плечового поясу обрано основною проблемою даного дослідження, що визначає його актуальність як для розуміння системи рухів в пілонному спорті, так і для подальшого оволодіння практичними навичками майбутніми фахівцями з фізичного виховання та спорту.

Плечовий суглоб, будучи типовим багатовісним кулястим зчленуванням, дозволяє виконувати наступні рухи: згинання и розгинання навколо фронтальної осі; відведення та приведення навколо сагітальної осі; поворот плеча всередину в медіальному напрямку; поворот плеча назовні в латеральному напрямку; кругові рухи [7, 9-10]. В таблиці 1 показано зв'язок рухів плеча, лопатки та м'язів, які при цьому включені до роботи.

Таблиця 1.

Залежність руху лопатки від рухів плеча та опис м'язів,  
за допомогою яких виконуються рухи

Рух плеча	Рух лопатки	М'язи
Згинання навколо фронтальної осі	підйом і поворот вгору	передній дельтоподібний м'яз великий грудний м'яз біцепс верхня частина трапеції
Розгинання навколо фронтальної осі	поворот вниз	задній дельтоподібний м'яз найширший м'яз спини великий круглий м'яз трицепс підостний м'яз трапецієподібний м'яз
Відведення навколо сагітальної	обертання вгору / поворот вгору	середній дельтоподібний м'яз передній зубчастий м'яз верхня частина трапеції
Приведення навколо сагітальної осі	обертання вниз / поворот вниз	великий грудний м'яз найширший м'яз спини великий круглий м'яз підлопатковий м'яз трицепс середня частина трапеції
Поворот плеча всередину медіальному напрямку	відведення / розтягнення	передній дельтоподібний м'яз найширший м'яз спини великий грудний м'яз підлопатковий м'яз великий круглий м'яз передній зубчастий м'яз
Поворот плеча назовні в латеральному напрямку	приведення / скорочення	задній дельтоподібний м'яз підостний м'яз малий круглий м'яз ромбовидний м'яз середня частина трапеції

В роботі досліджується рух плечових суглобів при виконанні двох типів хватів, які використовуються в пілонному спорті при виході в положення Handspring: скручений хват (Twisted grip) і чоловічий хват (Cup grip). Вони відрізняються один від одного розміщенням рук на пілоні під час виконання елемента та розподілом навантаження на різні види м'язів.

Отримане відео вивчалось у сповільненому часі, на різних етапах виконання рухових дій фіксувалися кути між суглобами та проводився біомеханічний аналіз з врахуванням анатомо-морфологічних ознак.

*Анатомо-морфологічний біомеханічний аналіз роботи верхньої кінцівки при виконанні скрученого хвату (Twisted grip). При виконанні підйому та перевероту за допомогою скрученого хвату кут, між верхньою кінцівкою та тулубом змінюється наступним чином (рис.1):*

- початок виконання вправи – плече знаходиться в розігнутому стані, повернуте назовні вздовж фронтальної осі і витягнуте назад, утворюючи кут близько  $151^\circ$  з тулубом;

- кінець виконання вправи – Плече знаходиться трохи попереду тулуба, повернуте всередину в медіальному напрямку, утворюючи кут приблизно  $94^\circ$  з тулубом;

- протягом всього руху, плече та передпліччя створюють кут  $180^\circ$ , а плече обертається всередину в медіальному напрямку.



Рис. 1. Кутіві характеристики верхньої кінцівки на початку та в кінці виконання елементу Handspring скрученим хватом.

З біомеханічної точки зору, плече верхньої руки описує траєкторію конуса, виконуючи послідовні рухи згинання, абдукції, розгинання та аддукції, при цьому знаходячись у внутрішньо повернутому положенні.

*Анатомо-морфологічний біомеханічний аналіз роботи верхньої кінцівки при виконанні чоловічого хвату (Cup grip). Розглянемо які кути утворюються*

між рукою та тулубом під час підйому та перевероту в положення Handspring чоловічим хватом (рис.2).



Рис. 2. Кутові характеристики верхньої кінцівки на початку та в кінці виконання елементу Handspring чоловічим хватом.

Під час виконання підйому та перевероту з використанням чоловічого хвату, положення верхньої кінцівки змінюється наступним чином: (рис. 2):

- верхня рука залишається в нейтральному положенні протягом всього руху, що означає, що не відбувається обертання плеча всередину. Початковий кут між плечем та тулубом складає приблизно  $134,4^\circ$ ;

- на початку руху, верхня рука не перебуває в піднятому положенні над головою. Вочевидь, це залежить від того, яке початкове положення для виконання чоловічого хвату займає спортсмен. Зазвичай, при скрученому хваті, тіло розташовується відносно пілону таким чином, що верхня рука знаходиться над головою та трохи повернута назовні, тоді як при чоловічому хваті, тіло розташовується таким чином, що плече верхньої руки знаходиться в анатомічно нейтральному положенні, а кут між передпліччям та плечем дорівнює приблизно  $90^\circ$ . Це позначає початок руху без потенційно небезпечного підняття руки над головою з внутрішнім обертанням;

- верхня рука зігнута, що забезпечує менше навантаження на плечовий суглоб завдяки зменшенню крутного моменту в плечовому суглобі та крутного

моменту в плечовому суглобі руки, яка знаходиться знизу, зменшуючи навантаження у суглобах.

*Анатомо-морфологічний біомеханічний аналіз роботи опорної руки при виконанні скрученого хвату (Twisted grip).* При виконанні підйому та перевероту допомогою скрученого хвату, необхідно звернути увагу на значення кутів, які виникають між біоланками руки, що знаходиться внизу та опирається на пілон (див. рис. 3):

- початок виконання вправи – плече повернуто всередину в місці згинання (перед тілом) і відведено назовні над головою, а кут між плечем та тулубом становить  $113^\circ$ ;

- кінець виконання вправи – рука відведена назовні над головою й утворює з тулубом розгорнутий кут  $180^\circ$ .

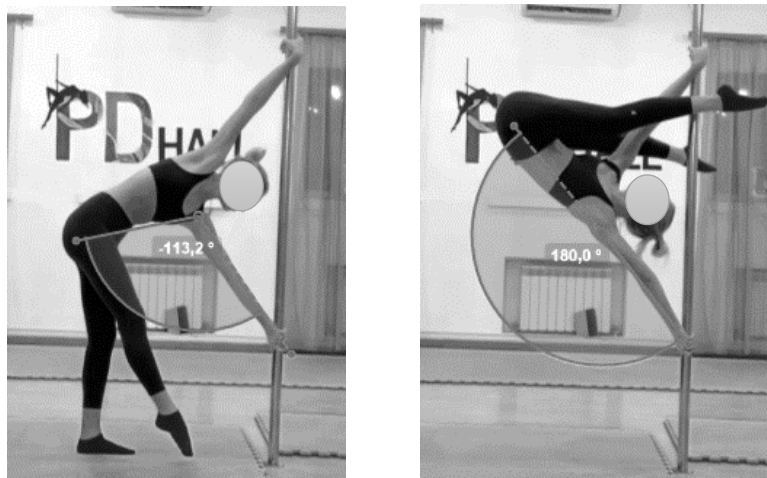


Рис. 3. Кутіві характеристики опорної руки на початку та в кінці виконання елементу Handspring.

Як було вказано вище, при розташуванні руки над головою, лопатка обертається вгору, забезпечуючи оптимальне положення плечового суглоба. Щоб залучити м'язи плечового суглоба і підтримати це положення, необхідно відштовхуватися від опори (пілона) нижньою рукою, звертаючи увагу на виконання відштовхування з плеча, а не з ліктя або зап'ястя.



При виконанні Handspring скрученим хватом важливо забезпечити взаємодію обох рук. Проблема виникає в кінцевому положенні, коли верхня рука стає прямою, що може призвести до "зависання" на неї без активного залучення м'язів. Це може перенавантажити плечовий суглоб опорної руки, який мусить утримувати більшу частину ваги тіла. У той же час, нижня рука знаходиться у відведеному положенні (за головою) під кутом  $180^\circ$ , що може бути шкідливим для сухожиль ротаторної манжети.

### **Висновки.**

При вирішенні поставлених завдань дослідження було застосовано комп'ютерну програму Kinovea для аналізу основних етапів виконання хватів Twisted grip (скручений хват) і Cup grip (чоловічий хват), зроблено біомеханічний аналіз техніки виконання спортсменами рухових дій та розглянуто анатомо-морфологічні особливості їх виконання.

Було вивчено два ключових положення при виконанні хватів з точки зору біомеханіки: початкова фаза руху при виконанні елементу Handspring та кінцеве положення з утриманням пози по стандартах.

Було встановлено, що при виконанні Twisted grip плече спортсмена знаходиться в розігнутому стані та повернуто назовні навколо фронтальної осі, при цьому утворюється кут з тулубом приблизно  $151^\circ$ , що не вкладається в «безпечний» діапазон виконання вправи. Проте, плече та тулуб спортсмена при підйомі-перевороті за допомогою Cup grip, утворюють кут  $134^\circ$  на початку руху та швидко досягає «безпечного» для роботи плечового суглоба діапазону, зменшуючись до  $75^\circ$ .

Розглянуті різновиди хватів відрізняються розташуванням рук під час виконання елемента та розподілом навантаження на різні види м'язів. При їх виконанні важливо контролювати правильність виконання елемента, що дозволить не допустити травмування.



**Перспективи подальших досліджень.** На підставі отриманих аналітичних даних біомеханічного комп'ютерного відеоаналізу розробити рекомендації щодо контролю рухових дій в пілонному спорті та схожих видах спорту, які можуть бути використані тренерами при підготовці аматорів і професіоналів. За допомогою даної методики можна сформувати банк даних поз і шаблонів рухів при виконанні травмонебезпечних елементів, що допоможе тренерам давати рекомендації щодо корекції їх виконання.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Ашанин, В. С., Голосов, П. П., & Горбатенко, Ю. И. (2010). Компьютерные технологии диагностики точности двигательных действий спортсменов. Физическое воспитание студентов, 2. 11-13.
2. Ашанин, В. С., Долгополова, Н. В., Долгополова, М. С., Філенко, Л. В., Пасько В.В. (2021). Біомеханічний аналіз рухових дій спортсменів, які займаються шорт-треком під час проходження фази повороту. Слобожанський науково-спортивний вісник 5(85). 55-62.
3. Волколуп, П., & Долгополова, Н. (2022). Вплив гри в гольф на фізичний та психічний стан здоров'я людини. Фізична реабілітація та рекреаційно-оздоровчі технології, 7(1). 30-33.
4. Волколуп, П.М., Ашанин, В.С., Долгополова, Н.В., Мішин, М.В. (2022). Програми відеоаналізу в тренувальній діяльності гольфістів. Збірник наукових праць Харківської державної академії фізичної культури. [Електронне видання]. Харків : ХДАФК. № 8. 19-23
5. Долгополова, Н.В., Волколуп, П.М. (2022). Аналіз особливостей рухової діяльності при виконанні гольф-свінгу з точки зору біомеханіки м'язів. Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 5: Педагогічні науки: реалії та перспективи: зб. наук.праць / Міністерство освіти і науки України, Національний педагогічний

університет імені М. П. Драгоманова. – Київ: Видавничий дім «Гельветика». Вип. 89. 48-52.

6. Долгополова, Н. В., Волколуп, П. М., & Любієва, В. А. (2023). Біомеханічні аспекти виконання гольф-свінгу та особливості роботи м'язів на ключових фазах його виконання. Здоров'я нації і вдосконалення фізкультурно-спортивної освіти: збірник тез III Міжнародної науково-практичної конференції, 27-28.04.2023 р. Харків: НТУ «ХПІ». 170-175.

7. Кашуба, В. О., & Лопацький, С. В. (2018). Теоретико-практичні аспекти моніторингу просторової організації тіла людини. Івано-Франківськ: Вид. Кушнір ГМ.

8. Маланюк, Л. Б., Пятничук, Г. О., Синиця, А. В., & Хохлова, Л. А. (2022). Історичні аспекти виникнення пілонного спорту Собко ІМ. DOI: <https://doi.org/303>.

9. Bradshaw, E., & Hume, P.A. (2012). Biomechanical approaches to identify and quantify injury mechanisms and risk factors in women's artistic gymnastics. *Sports Biomechanics*, 11(3). 324–341.

10. Dittrich, F., Beck, S., Burggraf, M., Busch, A., Dudda, M., Jäger, M., & Kauther, M. D. (2020). A small series of pole sport injuries. *Orthopedic reviews*, 12(3).

11. Lee, J. Y., Lin, L., & Tan, A. (2019). Prevalence of pole dance injuries from a global online survey. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 60(2). 270-275.

12. Szopa, A., Domagalska-Szopa, M., Urbańska, A., & Grygorowicz, M. (2022). Factors associated with injury and re-injury occurrence in female pole dancers. *Scientific reports*, 12(1). 1-8.

## ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Долгополова Наталія Володимирівна:** *к. техн. наук., Харківська державна академія фізичної культури: вул. Клочківська 99, Харків, 61058, Україна.*

**Nataliia Dolgoplova:** *PhD (Technical Sciences), Kharkiv State Academy of Physical Culture: Klochkivska str. 99, Kharkiv, 61058, Ukraine.*

**orcid.org /** [0000-0002-4326-2284](https://orcid.org/0000-0002-4326-2284)

**E-mail:** [natasha.dlgplva@gmail.com](mailto:natasha.dlgplva@gmail.com)

**Ашанін Володимир Семенович:** *к.фіз.-мат.н., професор; Харківська державна академія фізичної культури: вул. Клочківська 99, Харків, 61058, Україна.*

**Volodymyr Ashanin:** *PhD (Physics-Mathematics), Professor; Kharkiv State Academy of Physical Culture: Klochkivska str. 99, Kharkiv, 61058, Ukraine.*

**orcid.org /** [0000-0002-4705-9339](https://orcid.org/0000-0002-4705-9339)

**E-mail:** [ashaninvladimir47@gmail.com](mailto:ashaninvladimir47@gmail.com)

**Булгаков Олексій Кирилович** – *к.філ.н., доцент, старший викладач Харківська державна академія фізичної культури: вул. Клочківська 99, Харків, 61058, Україна*

**Alexei Bulgakov:** *PhD (Philosophical Sciences), Kharkiv State Academy of Physical Culture: Klochkivska str. 99, Kharkiv, 61058, Ukraine.*