

УДК 796.925

МЕТОДИКА ВІДЕОКОМП'ЮТЕРНОГО АНАЛІЗУ ТЕХНІКИ ВІДШТОВХУВАННЯ У СТРИБКАХ НА ЛИЖАХ З ТРАМПЛІНА

Володимир БАНАХ, Ігор САПУЖАК

Львівський державний університет фізичної культури

Анотація. Стаття присвячена питанню визначення кутових характеристик відштовхування у стрибках на лижах з трампліна за допомогою доступної побутової фотовідеознімальної апаратури і стандартних комп'ютерних програм. Отримані результати можуть бути основою для розробки, в подальшому, комплексної методики визначення кінематичних характеристик у стрибках на лижах з трампліна, здійснювати об'єктивний контроль за технікою відштовхування та ефективно керувати навчально-тренувальним процесом.

Ключові слова: стрибки на лижах з трампліна, відштовхування, кінематичні характеристики, відеограма.

Постановка проблеми. Стрибки на лижах з трампліна є одним із складно-координаційних зимових видів спорту [3, 8], в якому гостро відчувається потреба розробки сучасного науково-методичного забезпечення технічної підготовки спортсменів. Ряд авторів [3, 4, 6] акцентують увагу на відштовхуванні стрибунів від столу трампліна, як на основному елементі техніки, від якого суттєво залежить спортивний результат (довжина стрибка). Важливу роль при цьому відіграє формування і вдосконалення рухових дій під час виконання вправи. Ефективний процес контролю і управління тренувальним процесом, в даному випадку, може ґрунтуватися лише на об'єктивних кінематичних характеристиках вправи, отриманих в результаті біомеханічного аналізу відштовхування. Доцільним для виконання такого завдання було б використання автоматизованого відеокomp'ютерного комплексу [5, 8], однак наразі він з певних причин відсутній в арсеналі дослідників стрибків на лижах з трампліна. Для вирішення вказаного актуального питання технічної підготовки стрибунів у даній роботі запропоновано напівавтоматичну методику з використанням цифрової фотокамери і стандартних пакетів комп'ютерних програм [1].

Дослідження виконується в рамках теми 2.2.5 „Моделювання процесів взаємодії тіла людини зі спортивним приладдям” Зведеного плану НДР у сфері фізичної культури і спорту на 2006-2010 рр.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питанню формування техніки у стрибках на лижах з трампліна присвячено ряд робіт. Більшість публікацій, які стосуються відштовхування у стрибках на лижах з трампліна, були опубліковані у 70-80 рр. минулого століття (Нагорный В.Э., Грозин Е.А., 1971, Ремизова Л.П., 1973, Komi P.V., Nelson R.S., Pulli M., 1974). Однак техніка виконання стрибків за останніх 20-30 років суттєво змінилась.

Деяко пізніше дослідженням кінематичних параметрів відштовхування займалися Багин Н.А., Волошин Ю.И., Евтеев В.П., 1997, Подгаєц А.Р., 1997, а також Грозин Е.А., Зубарев Ю.М., 2001, Фомін С.К., Малєжик В.М., 2003, проте поза увагою дослідників залишились взаємозв'язки аеродинамічних коефіцієнтів та кута атаки тіла стрибунів при відштовхуванні.

В теорії стрибків на лижах з трампліна виокремлюють наступні фази: стартовий розгін, відштовхування, зліт, політ, підготовка до приземлення, приземлення, виліт, фініш [3, 6]. Обов'язковими умовами виникнення більшої підйомної сили, а, отже, і більшої дальності польоту, є висока швидкість розгону і дотримання певного кута нахилу тіла (атаки).

Однією з необхідних умов для виконання стрибка на лижах з трампліна є ефективне відштовхування, прийняття лижником відповідної пози при вильоті, своєчасний і

точний прояв швидкісно-силових якостей під час відштовхування на столі відриву, на що вказують і звертають увагу ряд авторів [3, 4, 6]. Як типові помилки, які суттєво впливають на виконання відштовхування від столу відриву і стрибка в цілому та потребують вдосконалення, у [4] наведено наступні: неправильне, недостатньо сильне відштовхування, неправильний напрям та несвоєчасне виконання елементів вправи. Для об'єктивного контролю та виявлення помилок техніки виконання відштовхування дослідникам і тренерам необхідно використовувати відповідні інструментальні засоби.

Мета роботи – розробити та апробувати методику півавтоматичного відеокomp'ютерного аналізу техніки відштовхування на лижах з трампліна.

Для досягнення вказаної мети необхідно вирішити наступні **завдання**:

1. Провести відеозйомку виконання вправи відштовхування групою спортсменів-стрибунів;
2. Розробити методику опрацювання відеограм за допомогою стандартних пакетів комп'ютерних програм;
3. Провести апробацію методики при проведенні біомеханічного аналізу техніки відштовхування у стрибках на лижах з трампліна.

Методи та методики: Аналіз та узагальнення науково-методичної літератури, відеокомп'ютерний аналіз, методи аналітичної геометрії та тригонометрії, біомеханічний аналіз.

Організація дослідження. Дослідження проводилось на базі Кременецької СДЮСШОР зі стрибків на лижах з трампліна та лижного двоборства на трампліні К-30 м. У дослідженні брали участь 20 лижників-стрибунів віком 11-14 років (III-II спортивні розряди). Відеозйомка виконання фази відштовхування лижників-стрибунів проводилась за допомогою цифрової фотокамери CANON S3 IS з частотою 60 кадрів за секунду (60 Гц). Камера була розташована збоку від трампліна на відстані 20 метрів перпендикулярно до лижні за 3 метри до краю столу відриву. Горизонтальна вісь камери під кутом нахилу столу. При зйомці камеру обертали навколо вертикальної осі, її горизонтальна вісь була встановлена паралельно краю столу.

Результати досліджень та їх обговорення. В процесі досліджень було встановлено, що фаза відштовхування починається від моменту початку розгинання тіла спортсмена, орієнтовно за 7 метрів до краю столу відриву, і закінчується на його краю. Отримані відеограми відштовхування, кожна з яких складалася з 14-16 послідовних кадрів, обробляли з використанням інструментально-програмного комплексу на базі IBM PC і MS Office XP. Кінцевий результат, який передбачалося отримати – значення кутів у суглобах, які, власне, і визначають позу стрибуну, а, отже, і кут атаки його тіла при злеті.

В першу чергу, була відпрацьована операція покадрової трансляції отриманих відеограм в середовище стандартної комп'ютерної програми "Paint". Далі, згідно з методикою проведення біомеханічного аналізу вправи [2, 7], були сформовані таблиці координат розрахункових точок тіла спортсмена для кожної відеограми. На рис. 1 представлено кінематичну схему відштовхування, на якій позначено розрахункові точки центрів суглобів та відповідні кути (в дужках), $p (\angle A)$ – гомілково-стопний, $s (\angle B)$ – колінний, $f (\angle C)$ – кульшовий, $b (\angle D)$ – плечовий, $a (\angle E)$ – ліктьовий, $m (\angle F)$ – променево-зап'ястковий, а також g_c – центр маси голови. Крім того, нахил голови відносно осі тулуба – $\angle G$, нахил тулуба відносно лиж – $\angle H$, вісь X паралельна площині столу відриву, а вісь Y направлена вниз відповідно до особливостей представлення координат у програмі „Paint”.

На відеограмах координати розрахункових точок визначалися у пікселях, які потім були перераховані у метри за допомогою масштабного коефіцієнту $\mu = 300$ пікс./м, отриманого із співвідношення реальних лінійних розмірів спортивного спорядження та їх представлення на відеограмах у програмі „Paint”. Обробка результатів відеокомп'ютерного аналізу виконувалась за допомогою програми "Excel" згідно з відповідними математичними залежностями. Наприклад, кут у колінному суглобі $\angle B$ визначався як сума кутів між віссю, паралельною до площини столу і осями гомілки і стегна α і β :

$$\hat{A} = \alpha + \beta,$$

кожен з яких, в свою чергу, визначався за наступними тригонометричними формулами:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{y_p - y_s}{x_p - x_s}\right), \quad \beta = \arctg\left(\frac{y_s - y_f}{x_f - x_s}\right),$$

де x_p, x_s, x_f, y_p, y_s та y_f – горизонтальні і вертикальні координати розрахункових точок p, s і f .

Для прикладу, в табл. 1 наведено координати відповідних розрахункових точок та обчислені кути у кульшовому суглобі для кожного кадру відеограми.

Аналогічним способом визначались і інші кути. На основі отриманих результатів побудовано графіки значень кутів у суглобах лижника-стрибуна під час відштовхування (рис. 2), їх позначення відповідають наведеним на рис. 1.

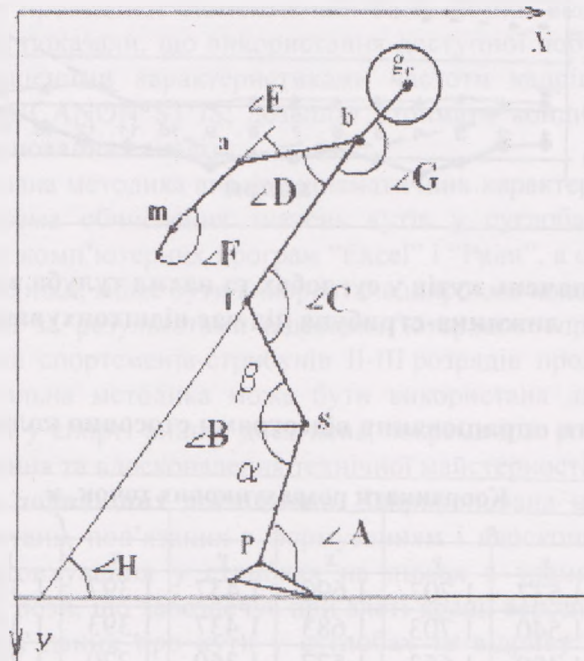


Рис. 1. Кінематична схема відштовхування

Аналізуючи отримані графіки, можна відзначити, що при відштовхуванні в гомілово-стопному суглобі ($\angle A$) відбуваються незначні зміни. Значення кута з 1-го по 8-й кадр практично не змінюються, потім (8-11-й кадр) дещо зменшуються – з 90° до 85° , що пов'язано з підготовчою фазою при відштовхуванні, що використовується в техніці для забезпечення оптимального положення тіла [4]. З 11-го до 16-го кадру значення кута дещо збільшується – з 85° до 100° , це пов'язано із взаємним рухом біоланок власне при відштовхуванні, у фазі максимальних зусиль.

Аеродинамічна стійка характеризується значеннями кутів у кульшовому ($\angle C$) і в колінному ($\angle B$) суглобах [3]. З рис. 2 видно, що у стійці розгону кути в колінному суглобі сягають 73° , в кульшовому 35° . Під час відштовхування на графіку в 6-му кадрі величини кутів в колінному суглобі сягають 85° градусів, в кульшовому 47° , що створює вигідне положення біоланок тіла до прояву максимальних зусиль власне при відштовхуванні. У фазі максимальних зусиль, з 10-го до 16-го кадру, видно, що кути в колінному та кульшовому суглобах різко збільшуються, в колінному зі 105° до 175° , що свідчить про повне розгинання в колінному суглобі, в кульшовому – з 85° до 105° , що забезпечує прийняття певної пози під час вильоту, а, отже, нахилу тулуба відносно столу відриву, що забезпечує ефективний кут атаки.

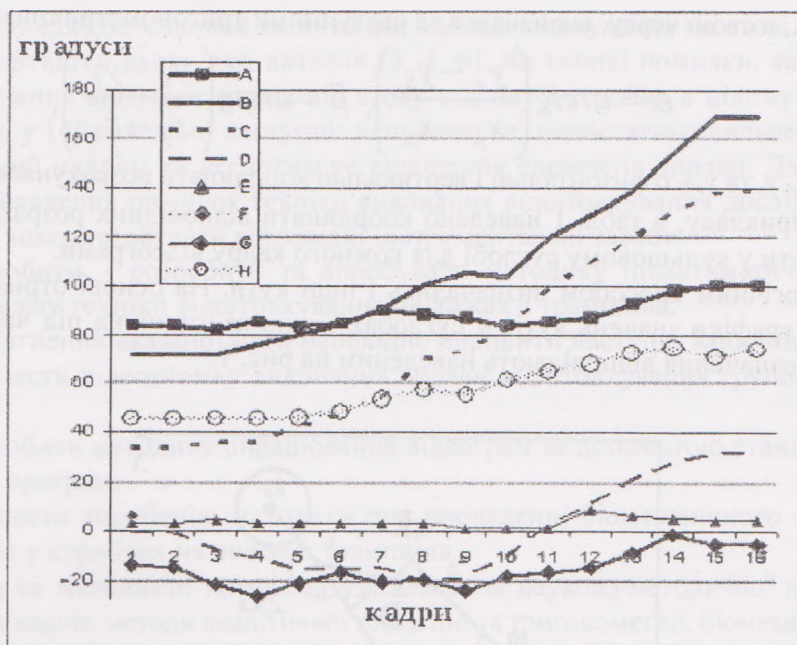


Рис. 2. Графіки значень кутів у суглобах та нахил тулуба відносно столу відриву лижника-стрибуна під час відштовхування

Таблиця 1

Результати опрацювання відеограми стосовно колінного суглоба

№ кадру	Координати розрахункових точок, м						$\angle B$, град
	p		s		f		
	x	y	x	y	x	y	
1	1,537	1,707	1,690	1,437	1,397	1,387	71,5
2	1,540	1,703	1,683	1,437	1,393	1,387	71,5
3	1,400	1,653	1,577	1,360	1,270	1,290	71,8
4	1,373	1,637	1,537	1,353	1,210	1,263	75,4
5	1,380	1,630	1,547	1,343	1,237	1,230	79,9
6	1,397	1,633	1,557	1,340	1,263	1,217	84,2
7	1,450	1,630	1,593	1,333	1,307	1,187	91,3
8	1,437	1,620	1,577	1,330	1,327	1,147	100,5
9	1,423	1,630	1,560	1,317	1,323	1,130	104,7
10	1,407	1,647	1,357	1,350	1,330	1,127	104,0
11	1,417	1,670	1,573	1,353	1,330	1,147	119,8
12	1,463	1,737	1,607	1,423	1,413	1,153	129,2
13	1,517	1,780	1,640	1,467	1,473	1,170	139,5
14	1,560	1,793	1,670	1,467	1,540	1,143	155,0
15	1,613	1,813	1,690	1,447	1,613	1,120	169,0
16	1,670	1,823	1,703	1,450	1,667	1,093	170,1

Аналізуючи характер зміни кута в плечовому суглобі ($\angle D$), можна також зауважити, що величини кутів тут значно менші, вони набувають як додатних, так і від'ємних значень (відносно осі тулуба). Від'ємні значення спостерігаються з 3-го до 9-го кадру, це свідчить про розгинання рук в плечовому суглобі, опускання рук на столі відриву [6]. З 10-го до 16-го кадру видно, що значення кута суттєво зростають (з -15° до 30°), це свідчить про розгинання рук в плечовому суглобі, так зв. мах руками назад. Цей рух прискорює посту-

пальний рух центру маси тіла (ЦМТ) та створює довкола нього певний обертальний момент, що забезпечує оптимальний кут атаки при вильоті [6]. Значення кутів у ліктьовому і променево-зап'ястковому суглобах ($\angle E$ і $\angle F$ відповідно) змінюються несуттєво.

Під час відштовхування відбуваються зміни кута в шийному відділі ($\angle G$), з 9-го до 15-го кадру значення поступово зменшуються від -20° до 0° , це свідчить про розгинання голови відносно осі тулуба.

Кут нахилу тулуба в кінці стола відриву характеризує певний кут атаки при вильоті, який повинен створити передумови для далекого польоту. З графіка видно, що нахил тулуба відносно лиж з 6-го до 13-го кадру поступово збільшується з 24° до 52° .

Висновки

1. Результати проведеної біомеханічної відеозйомки відштовхування у стрибках на лижах з трампліна показали, що використання доступної побутової фотовідеознімальної техніки з покращеними характеристиками частоти кадрів (до 60 Гц), наприклад цифрової фотокамери CANON S3 IS, дозволяє отримати кондиційні відеограми вправи для подальшого опрацювання і аналізу.

2. Запропонована методика аналізу кінематичних характеристик техніки виконання відштовхування, зокрема обчислення значень кутів у суглобах, може бути здійснена засобами стандартних комп'ютерних програм "Excel" і "Paint", а отже, враховуючи доступність комп'ютерної техніки, може бути використана широким колом дослідників і тренерів.

3. Проведений за результатами відеокомп'ютерного опрацювання біомеханічний аналіз відштовхування спортсменів-стрибунів II-III розрядів продемонстрував, що запропонована інструментальна методика може бути використана для досліджень елементів технічної підготовки і у спорті вищих досягнень, зокрема для розробки модельних характеристик відштовхування та вдосконалення технічної майстерності спортсменів-стрибунів.

Перспективи подальших досліджень. Запропонована методика наразі дозволяє вирішити частину питань, пов'язаних з формуванням і вдосконаленням рухових дій під час виконання відштовхування у стрибках на лижах з трампліна, а саме прийняття спортсменами певної пози, що забезпечує при злеті кращі аеродинамічні характеристики, на основі об'єктивних даних про кути у суглобах та відриву від столу. Продовження досліджень можливе у кількох напрямках. По-перше – підвищити роздільну здатність відеограм, що дасть можливість покращити точність вимірювань, а, отже, фіксувати і враховувати тоншу структуру рухів. По-друге, крім кутових, досліджувати і лінійні характеристики переміщень, миттєвих швидкостей і прискорень розрахункових точок та ЦМТ спортсменів. Для цього необхідно вирішити завдання рівномірного синхронізованого переміщення камери або її обертання з стабільною відомою кутовою швидкістю, однак при цьому необхідно вжити заходів для корекції спотворення за рахунок паралаксу зйомки. Реалізація цих напрямків дозволить проводити об'єктивний контроль за технікою виконання відштовхування і ефективніше здійснювати управління навчально-тренувальним процесом спортсменів-стрибунів.

Список літератури

1. Бундз Р. Методика аналізу техніки веслування на каное // Молода спорт. наука України: Зб. наук. пр. з галузі фіз. культури і спорту. Вип. 10. – Л., 2007. (CD: Т. 3. – 3-й кат. pdf).
2. Донской Д.Д., Зацюрский В.М. Биомеханика: Учебник для инст. физ. культуры. – М.: Физкультура и спорт, 1971. – 264 с.: ил.
3. Евстратов В.Д., Чукардин Г.Б., Сергеев Б.И. Лыжный спорт: Учебник для инст. физ. культуры. – М.: Физкультура и спорт, 1989. – 320 с.: ил.
4. Зубарев Ю.М., Грозин Е.А. Кинематические параметры отталкивания в прыжках на лыжах с трамплина // Теория и практика физической культуры. – 1975. – № 2. – С. 17-19.

5. *Кашуба В., Хмельницкая И.* Современные оптико-электронные методы измерения и анализа двигательных действий спортсменов высокой квалификации // Наука в Олимпийском спорте. – 2005. – № 2. – С. 137-139.

6. *Кузнецов В.А.* Особенности движений рук при отталкивании в прыжках на лыжах с трамплина // Теория и практика физической культуры. – 1976. – № 12. – С. 16-19.

7. *Лапутин А.М. та ін.* Біомеханіка спорту: Навч. посіб. для студ. вищих навч. закладів з фіз. виховання і спорту/ За заг. ред. А.М. Лапутіна. – К.: Олімпійська література, 2001. – 320 с.: іл.

8. *Платонов В.Н.* Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. – К.: Олимпийская литература, 2004. – 806 с.: ил.

МЕТОДИКА ВИДЕОКОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗА ТЕХНИКИ ОТТАЛКИВАНИЯ В ПРЫЖКАХ НА ЛЫЖАХ С ТРАМПЛИНА

Владимир БАНАХ, Игорь САПУЖАК

Львовский государственный университет физической культуры

Аннотация. Статья посвящена вопросу определения угловых характеристик отталкивания в прыжках на лыжах с трамплина с помощью доступной бытовой фотовидео съемочной аппаратуры и стандартных компьютерных программ. Полученные результаты могут быть основой для разработки, в дальнейшем, комплексной методики определения кинематических характеристик в прыжках на лыжах с трамплина, осуществлять объективный контроль над техникой отталкивания и эффективно управлять учебно-тренировочным процессом.

Ключевые слова: прыжки на лыжах с трамплина, отталкивание, кинематические характеристики, видеодиаграмма.

THE METHOD OF VIDEO & COMPUTER ANALYSIS OF PUSHING AWAY TECHNIQUE IN SKI JUMPING

Volodymyr BANAKH, Igor SAPUZHAK

Lviv State University of Physical Culture

Abstract. The article is devoted to the question of determination of angular features of pushing away in ski jumping by an accessible everyday photo&video equipment and standard computer programs. In future, the received results can be the basis for elaborating the complex methods of defining the kinematic features in ski jumping, to carry out an objective control of pushing away technique and to manage effectively the training process.

Key words: ski jumping, pushing away, kinematic features, videogram.