

ВІДШТОВХУВАННЯ У СТИБКАХ НА ЛИЖАХ З ТРАМПЛІНА НА ЕТАПІ ПІДГОТОВКИ ДО ВИЩИХ ДОСЯГНЕНЬ

Володимир Банах, Олександр Бережанський, Андрій Казмірук

Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія ім. Тараса Шевченка

Львівський державний університет фізичної культури

Постановка проблеми. Досягнення високих спортивних результатів у висококваліфікованих спортсменів на етапі вищої спортивної майстерності залежить від ефективності спортивної підготовки на попередніх етапах багаторічної підготовки [10]. Контроль і управління технічною підготовкою потребує застосування об'єктивної зовнішньої інформації про техніку виконання, що ґрунтуються на об'єктивних кінематичних характеристиках вправи, отриманих в результаті біомеханічного аналізу [5, 6, 10].

Фахівці зі стрибків на лижах з трампліна наголошують, що відштовхування – це один із елементів техніки, який визначає спортивний результат, зокрема, довжину стрибка [2, 3,5 та ін.]. Існує незначна кількість наукових праць [1-9 та ін.], що стосуються виконання відштовхування на середніх та великих трамплінах висококваліфікованих та провідних лижників світу, в яких виявлено дані про параметри: кутових положень ланок тіла, їх швидкостей і швидкості переміщення загального центру маси (ЗЦМ) спортсменів на краю стола. Однак у цих працях не подано кінематичні параметри пози тіла на початку відштовхування, зокрема на середніх трамплінах.

Аналіз останніх досліджень. На столі гори розгону трампліна, потік зустрічного повітря, що виникає внаслідок швидкого переміщення створює додатковий опір, який в свою чергу ускладнює умови збереження рівноваги. Положення та збереження кута нахилу гомілки у вихідному положенні тіла визначає розташування ЗЦМ відносно опори в стійці розгону [10]. Оптимізація згинання у кульшовому суглобі зменшує опір зустрічного повітря, з однієї сторони це пов'язано з необхідністю зменшення лобового опору, з іншої сторони – це, у певній мірі, визначає розташування ЗЦМ та дозволяє зберігати стійкість на столі перед відштовхуванням. Зменшення середніх величин у параметрах кутів у гомілковостопному, колінному та кульшовому суглобах у значній мірі визначають згрупованість пози тіла у стійці на початку відштовхування.

У працях фахівців зі стрибків на лижах з трампліна наведені величини параметрів кутових положень ланок тіла на краю стола в момент відштовхування, отримані у дослідженнях в результаті біомеханічного аналізу на трамплінах різної потужності, відрізняються.

Зменшення величини кута в гомілковостопному суглобі забезпечує відповідне розташування ЗЦМ відносно опори, створює більший нахил ЗЦМ та момент обертання системи лижник – лижі відносно гомілковостопного суглобу на краю стола під час відштовхування та при вильоті. Це дозволяє спортсмену швидше зайняти аеродинамічно вигідне положення у польоті з більшим нахилом уперед. Наслідком цього є менші витрати, викликані розсіянням кінетичної енергії тіла спортсмена під час вильоту, що її отримав лижник на горі розгону та під час відштовхування. У дослідженнях величини параметра кута у гомілковостопному суглобі відрізняються. За даними одного з досліджень П. Комі, середнє значення величини кута нахилу гомілки відносно напрямку руху лижника становить 60° [4], в іншому його дослідженні – 61° – 69° [2]. За даними Б. Джоста, величина кута нахилу прямої, що сполучає ЗЦМ та вісь гомілковостопного суглоба, відносно площини стола знаходиться у межах від 70° до 74° [3]; за даними М. Янури, вона становить від 73° до 76° [1], в іншому дослідженні цей кут знаходився в межах 68° – 72° [2].

III. НАУКОВИЙ НАПРЯМ

Зменшення величини кута у кульшовому суглобі, дозволяє зменшити нахил тулуба відносно напрямку руху, сприяє кращому обтіканню зустрічного повітря під час швидкого переміщення, зменшує зустрічний опір повітря. Окрім цього, зменшення нахилу тулуба сприяє більшому нахилу розташування та виносу ЗЦМ відносно опори. За даними В. Мюллера середнє значення величини цього кута становить 122° [5].

За даними досліджень [5] кут колінного суглоба розглядається як величина параметра, що характеризує точне відштовхування, його середнє значення в одному випадку становить 141° [1], за іншими даними він знаходиться в межах від 133° до 143° [8].

Кут нахилу тулуба відносно напрямку руху характеризує аеродинамічні властивості системи. Надмірне його збільшення негативно впливає на аеродинамічні характеристики тіла лижника, що збільшує опір повітря під час вильоту. У дослідженнях наведені величини, що відповідають середнім значенням кута 24° [1], в інших – лежать в межах 25° – 29° [2] та від 27° до 31° [6]. Те ж саме стосується і величин кута нахилу прямої, яка сполучає осі кульшового й гомілковостопного суглоба, відносно площини столу, яка за одними даними [1] знаходиться в межах від 88° до 92° ; за іншими – від 90° до 95° [3].

В. Мюлер також вказує, що кут утворений лінією, що сполучає вісь гомілковостопного суглоба та вісь плечового суглобу відносно площини стола становить 68° [5].

Дані кінематичного аналізу стрибків на лижах з трампліна Й. Водікара свідчать, що величина вертикальної складової швидкості руху ЗЦМ під час відштовхування у спортсменів знаходилася в межах від 1,67 до 2,71 м/с, дані іншого автора [8] вказують, що поздовжня складова вектора швидкості руху ЗЦМ дорівнює 25,59-25,78 м/с [1]; показники вертикальної складової швидкості руху ЗЦМ – 0,42 м/с [3].

Важливими та інформативними для фахівців зі стрибків на лижах з трампліна є дані Й. Водікара [9], який проаналізував техніку виконання стрибків на трампліні К-95 (Hintrearten). Автор визначив кінематичні параметри відштовхування у спортсменів Словенії віком 16 років. За даними статистичного аналізу параметрів на початку відштовхування величина кута нахилу гомілки відносно напрямку руху становить $69,28^\circ$, кута у колінному суглобі – $136,32^\circ$, кута у кульшовому суглобі – $106,02^\circ$, кут нахилу тулуба відносно горизонту – $23,78^\circ$ та кут нахилу відрізка прямої, що сполучає осі кульшового та гомілковостопного суглобів відносно горизонту – $75,67^\circ$.

Таким чином, у працях існують розбіжності у результатах досліджень величин параметрів та відсутність даних про параметри пози тіла на початку техніки виконання відштовхування лижниками на етапі підготовки до вищих досягнень, що визначає актуальність дослідження.

Мета. Дослідження полягало в отриманні інформації про кінематичні характеристики техніки відштовхування кваліфікованих стрибунів на лижах з трампліна на етапі підготовки до вищих досягнень.

Методи, організація досліджень. У дослідженні взяли участь 35 кваліфікованих лижників-стрибунів, що брали участь у Юніорському чемпіонаті світу (Словенія, м. Штребске Плесо, 2010 р.). Нами було проаналізовано відеозаписи та відеограми техніки відштовхування в стрибках на лижах з трампліна на основі методики визначення координат маркерних точок восьмиланкової кінематичної схеми лижника-стрибуна із застосуванням інструментально-програмного комплексу на базі IBM PC і MS Office XP і стандартної програми «Paint» [10]. Для встановлення кінематичних параметрів пози тіла на початку та вкінці відштовхування на довжину

III. НАУКОВИЙ НАПРЯМ

стрибка нами використовувалися: M – середнє арифметичне; SD – середнє квадратичне відхилення, обчислення виконувалися з використанням функцій пакету аналізу «MS Excel».

Результати дослідження. Один із показників, який визначає спортивний результат – довжина стрибка. У стрибунів на лижах з трампліна на етапі підготовки до вищих досягнень величина цього параметра становила $84,9 \pm 8,7$ м. Нами було зафіксовано зображення 35-и спортсменів на столі трампліна. За даними статистичного аналізу параметрів на початку відштовхування, які представлені в таблиці 1, величина кута нахилу гомілки відносно напрямку руху – (α) і кута у колінному суглобі – (β) у лижників становлять $51,1 \pm 3,2^\circ$ та $69,5,1 \pm 3,3^\circ$. Величина параметра кута у кульшовому суглобі (γ) – $26,8 \pm 3,5^\circ$. Зменшення нахилу ЗЦМ на початку відштовхування у статичному положенні зменшує напруження м'язів передньої частини гомілки і стегна, створює більший потенціал напруження м'язів, прояв сили у подальшому виконанні відштовхування. У положенні тіла лижника кут нахилу відрізка прямої лінії до напрямку руху лижника, яка проходить через ЗЦМ тіла й вісь гомілковостопного суглоба (ζ) становить $73,9 \pm 2,9^\circ$. Важливими є величини наступних параметрів, що характеризують місце розміщення та положення ланок тіла лижника: кут нахилу тулуба, тобто відрізка прямої, яка проходить через осі кульшового й плечового суглобів, до напрямку руху лижника (κ); кут нахилу до напрямку руху лижника відрізка прямої лінії, яка проходить через осі кульшового й гомілковостопного суглоба (ν); кут нахилу до напрямку руху лижника відрізка прямої лінії, яка проходить через осі гомілковостопного й плечового суглобів (ω). У позі тіла на початку відштовхування значення величин відповідних параметрів (κ , ω , ν) у спортсменів становлять $10,3 \pm 3,1^\circ$, $57,8 \pm 3,2^\circ$ та $105,4 \pm 2,8^\circ$.

Таблиця 1

Параметри пози тіла лижника (N=35)

№	Параметр	Розмірність	На початку відштовхування		Вкінці відштовхування	
			M	SD	M	SD
1	α	градус	53,1	3,2	62,7	4,4
2	β	градус	69,5	3,2	127,9	10,2
3	γ	градус	26,8	3,5	91,2	11,6
4	ψ	градус	9,3	3,7	22,0	8,7
5	φ	градус	6,8	5,2	8,9	9,5
6	θ	градус	-9,2	5,7	-2,7	8,1
7	κ	градус	10,3	3,1	26,0	5,9
8	ζ	градус	73,9	2,9	75,0	2,9
9	ς	градус	81,8	2,5	79,3	3,0
10	ω	градус	57,8	3,2	66,6	2,8
11	ν	градус	105,4	2,8	89,2	4,2
12	K	%	-	-	-5,4	23,5

У лижників-стрибунів розміщення та положення рук визначаються наступними значеннями величин параметрів: кут у плечовому суглобі (ψ) – $9,3 \pm 3,7^\circ$, кут у ліктьовому суглобі (φ) – $6,8 \pm 5,2^\circ$. Низьке розташування голови відносно тулуба (θ) зменшує опір зустрічного повітря, з іншого боку, менший нахил голови вперед дозволяє краще візуально слідкувати за краєм столу, що дозволяє точніше і вчасно виконувати рухові дії, величина цього кута у лижників становила – $9,2 \pm 5,7^\circ$.

III. НАУКОВИЙ НАПРЯМ

Під час завершення відштовхування поза тіла характеризується наступними величинами кутів: нахилу гомілки відносно напрямку руху (α) – $62,7 \pm 4,4^\circ$; кутом у колінному суглобі (β) – $127,9 \pm 10,2^\circ$, у кульшовому суглобі (γ) – $91,2 \pm 11,6^\circ$, ці параметри визначають величини наступних кутів (K , ω , ν) та ланок тіла лижника (табл. 1).

Середнє значення кута нахилу тулуба, тобто відрізка прямої, яка проходить через осі кульшового й плечового суглобів, до напрямку руху лижника (κ) становить $26,0 \pm 5,9^\circ$, кута нахилу до напрямку руху лижника відрізка прямої лінії, яка проходить через осі кульшового й гомілковостопного суглоба (ν) – $89,2 \pm 4,2^\circ$; кута нахилу до напрямку руху лижника відрізка прямої лінії, яка проходить через осі гомілковостопного й плечового суглобів (ω) – $66,6 \pm 2,8^\circ$. Ці параметри визначають розташування ланок тіла лижника відносно напрямку руху та розташування ЗЦМ. Одним із основних критеріїв, що визначає ефективність рухових дій на столі, автори одногосно виділяють розташування ЗЦМ тіла стрибун на лижах з трампліна в завершальній фазі відштовхування на краю стола [5, 7]. Зменшення величини кута нахилу ЗЦМ сприяє створенню більшого обертального моменту.

За даними параметрів кута нахилу ЗЦМ відносно напрямку руху (ς) і (ζ) у лижників-стрибунів на етапі спеціалізованої базової підготовки кут нахилу до напрямку руху лижника відрізка прямої лінії, яка проходить через загальний центр маси тіла і центр маси стопи (ς) – $75,0 \pm 2,9^\circ$; кут нахилу до напрямку руху лижника відрізка прямої лінії, яка проходить через загальний центр маси тіла й вісь гомілковостопного суглоба (ζ) – $79,3 \pm 3,0^\circ$. За даними параметра довжина дистальної частини стопи від точки перетину перпендикуляра, опущеного із ЗЦМ тіла на поверхню стола відштовхування (K) становили $-5,4 \pm 23,5\%$.

Положення рук визначається відмінностями у величинах параметрів: кута у плечовому суглобі (ψ) – $22,0 \pm 8,7^\circ$, у ліктьовому суглобі (ϕ) – $8,9 \pm 9,5^\circ$. Наведені дані деяких фахівців [1-3, 5-7] середніх величин кутів відрізняються від наших тим, що є дещо нижчими. Це можна пояснити проведенням відповідних досліджень на трамплінах, які є більшими за потужністю. Це вимагало від спортсменів більшого нахилу вперед під час вильоту та на столі для того, щоб забезпечити вигідне аеродинамічне положення. У цих дослідженнях брали участь, як правило, спортсмени високого міжнародного класу, які мали значно вищий рівень спортивно-технічної майстерності порівняно із залученим до наших досліджень контингентом. Схожість результатів величин їхніх параметрів із нашими або незначне розходження деяких величин інших фахівців [4, 8], зокрема і з дослідженнями Й. Водікара [9], може бути пов'язане із виконанням стрибків на трамплінах однакової потужності і однакового контингенту дослідження за етапом багаторічної підготовки.

В середніх величинах кута нахилу голови відносно тулуба (θ) – $-2,7 \pm 8,1^\circ$. Важливим фактором та критерієм ефективності рухових дій на столі є швидкість переміщення ЗЦМ, збільшення якої у горизонтальному напрямку вперед збільшує обертальний момент, а максимальне збільшення у вертикальному напрямку сприяє збільшенню висоти. Під час відштовхування на краю стола у завершальній фазі параметр вертикальної складової відносно швидкості ЗЦМ ($-\dot{x}_c/h$) характеризує силу відштовхування та сприяє збільшенню висоти траєкторії руху системи під час вильоту, величина середнього значення становила $0,40$ м/с. Вертикальна складова

III. НАУКОВИЙ НАПРЯМ

відносної швидкості ЗЦМ ($-\dot{y}_C/h$) – у лижників становить $2,2 \pm 1,3$ м/с.

Таблиця 2

Параметри техніки відштовхування у завершальній фазі (N=35)

№	Параметр c^{-1}	M	SD
1	\dot{x}_C/h	0,4	1,8
2	$-\dot{y}_C/h$	2,2	1,3
3	$\dot{\alpha}$	3,6	2,9
4	$\dot{\beta}$	10,6	4,1
5	$\dot{\gamma}$	9,5	3,9
6	$\dot{\psi}$	2,6	3,8
7	$\dot{\phi}$	-1,4	6,7
8	$\dot{\theta}$	2,5	5,4
9	$\dot{\kappa}$	2,5	2,6
10	$\dot{\zeta}$	0,1	1,6
11	$\dot{\xi}$	-0,1	1,6
12	$\dot{\omega}$	0,7	1,3
13	$\dot{\nu}$	-2,2	1,9

Кутова швидкість розгинання в гомілковостопному суглобі ($\dot{\alpha}$) у спортсменів становить $3,6 \pm 2,9$ рад. Надмірна швидкість розгинання в гомілковостопному суглобі спричиняє зменшення кута нахилу ЗЦМ. Однією із причин збільшення швидкості та кута нахилу ЗЦМ є збільшення швидкості розгинання в колінному і кульшовому суглобі.

Величина кутової швидкості розгинання в колінному суглобах ($\dot{\beta}$) – $10,6 \pm 4,1$ рад/с; швидкість розгинання в кульшовому суглобі ($\dot{\gamma}$) – $9,5 \pm 3,9$ рад/с. У завершальній фазі величини параметрів кутової швидкості становлять: нахилу тулуба, тобто нахилу відрізка прямої, який проходить через осі кульшового й плечового суглобів, до напрямку руху лижника ($\dot{\kappa}$) – $2,5 \pm 2,6$ рад/с, швидкість розгинання голови у шийному відділі – ($\dot{\theta}$) $2,5 \pm 5,4$ рад/с. Особливості реактивної сили під час виконання рухів руками визначають швидкість згинання-відведення рук назад у плечовому суглобі ($\dot{\psi}$) – $2,6 \pm 3,8$ рад/с та у ліктьовому суглобі ($\dot{\phi}$) – $-1,4 \pm 6,7$ рад/с.

Значна зміна швидкості кута нахилу ЗЦМ в завершальній фазі відштовхування призводить до надмірних коливальних рухів ЗЦМ та знижує його вертикальну швидкість, одночасно збільшуючи обертальний момент. Надмірне збільшення кутової швидкості призводить до порушення стійкості системи лижник – лижі у польоті. Кутова швидкість нахилу до напрямку руху лижника відрізка прямої лінії, яка проходить через ЗЦМ тіла і ЦМ стопи ($\dot{\zeta}$), нахилу до напрямку руху лижника відрізка прямої лінії, яка проходить через ЗЦМ тіла й вісь гомілковостопного суглоба становить $0,1 \pm 1,6$ рад/с та $-0,1 \pm 1,6$ рад/с відповідно.

Наприкінці відштовхування у величинах додаткових параметрів, якими прийнято характеризувати розміщення ланок та позу тіла, кут зміни нахилу до напрямку руху лижника відрізка прямої лінії, яка проходить через осі кульшового й гомілковостопного суглоба ($\dot{\nu}$), становили $0,7 \pm 1,3$ рад/с; кут нахилу відрізка прямої лінії, яка проходить через осі гомілковостопного й плечового суглобів ($\dot{\omega}$) –

2,2±1,9 рад/с.

Висновок. В результаті проведеного біомеханічного аналізу відеозаписів та відеограм в стрибках на лижах з трампліна, на основі методики визначення координат нами було визначено кінематичні параметри техніки відштовхування на початку та у завершальній фазі техніки відштовхування на етапі підготовки до вищих досягнень. Результати наших досліджень та отриманих в них величин кінематичних параметрів відрізняються від даних деяких фахівців [1-3, 5-7], оскільки вони проводились на менш потужних трамплінах та з менш кваліфікованими спортсменами, однак, мають деяку схожість або незначне розходження із результатами досліджень інших фахівців [4, 8], зокрема Й. Водікара [9], оскільки вони проведені на трамплінах однакової потужності і схожого за віком контингенту лижників-стрибунів. **Напрямок подальших досліджень** полягає у більш детальному аналізі кінематичних характеристик техніки відштовхування, їх порівняння із результатами величин інших авторів на трамплінах даної потужності, зокрема на даному етапі, їх вплив та взаємозв'язок із спортивним результатом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Janura M. A longitudinal study of intra-individual variability in the execution of the inrun position in ski jumping / M. Janura, Fr. Vaverka, M. Elfmark, J. Salinger // Proceedings of the 16th International Symposium on Biomechanics in Sports / H.J Riehle, M.M. Vieten (Eds.) – Konstanz : Universitatsverlag Konstanz, 1998. – P. 124-127.
2. Janura M. Kinematic Analysis of the Take-Off and Start of the Early Flight Phase on Large (HS-134 m) during the 2009 Nordic World Ski Championships / L. Cabell, M. Elfmark, M. Janura, Z. Svoboda, F. Zahalka // Journal of Human Kinetics. – 2011. – Vol. 27. – PP. 5–16.
3. Jost B. Analysis off correlation between kinematic variables of the take-off and the length of the ski-jump / M. Coh, P. Janes, B. Jost – [Electronic resource]. – Access mode: <http://w4.ub.unikonstanz.de/cpa/article/viewFile/2380/2233>
4. Komi P. V. Ski-jumping take-off performance: Determinants factors and methodological advances / P. V. Komi, M. Virravirta / Science in skiing. / E. Muller (Ed.). – 2008. – P. 3–26.
5. Muller W. The physics of ski jumping. – PP. 269–277. – [Electronic resource]. – Access mode: cdsweb.cern.ch/record/1009275/files/p269.pdf
6. Sasaki T. Three techniques of ski jump take-off modeled by changes of joint angle / T. Sasaki, K. Tsunoda, H. Hoshino // Proceedings of the 16th International Symposium on Biomechanics in Sports / H.J Riehle, M.M. Vieten (Eds.) – Konstanz : Universitatsverlag Konstanz, 1998. – P. 233–236.
7. Vaverka F. The accuracy of the ski-jumper's take-off / M. Janura, M. Krskova, J. Salinger, F. Vaverka. – PP. 319–321 – [Electronic resource]. – Access mode: w4.ub.unikonstanz.de/cpa/article/view/2889
8. Vodicar J. The Factor Structure of Chosen Kinematic Characteristics of Take-Off in Ski Jumping / Jost B., Vodicar J. // Kinesiology. Journal of Human Kinetics. – 2010. – Vol. 23. – PP. 37–45.
9. Vodičar Janez Manifestna in latentna struktura izbranih morfoloških dejavnikov ter kinematičnih značilnosti tehnike smučarskega skoka. Doktorska disertacija. University of Ljubljana, Faculty of Sport, Ljubljana, 2011 – 213 p.
10. Zanevskyy I. Dependence of ski jump length on the skier's body pose at the beginning of take-off. / I. Zanevskyy, V. Banakh // Acta of Bioengineering and Biomechanics. – 2010. – Vol. 12 – No. 4 – P. 77–85.