

КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ДВИГАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ УПРАЖНЕНИЙ НА ПРЫЖКОВОМ СТОЛЕ В ЖЕНСКОМ ГИМНАСТИЧЕСКОМ МНОГОБОРЬЕ

В статье приводится сравнительный анализ кинематических характеристик техники выполнения опорного прыжка типа "Цукаха" высококвалифицированными и квалифицированными гимнастками в условиях измененной конструкции снаряда.

Ключевые слова: опорный прыжок, двигательное действие, кинематические характеристики, высококвалифицированные гимнастки.

Постановка проблемы. По мнению ведущих специалистов в области спорта, дальнейшее совершенствование системы подготовки спортсменов в олимпийском спорте связано с динамичностью и постоянным изучением развития конкретных видов спорта, в том числе с применением нового инвентаря и оборудования. В 2001 году Международная федерация гимнастики заменила спортивный снаряд для опорных прыжков "конь" на снаряд "прыжковый стол". Измененная конструкция снаряда позволила расширить арсенал технических действий, увеличить сложность и разнообразие опорных прыжков, соответственно повлекло за собой изменение в биомеханической структуре техники выполнения и методике обучения опорным прыжкам.

Анализ литературных источников по биомеханическим показателям опорных прыжков показал, что подавляющее большинство данных по кинематическим и динамическим характеристикам техники двигательных действий гимнасток представлены для снаряда "конь". В то же время отсутствуют данные о биомеханических особенностях техники выполнения опорных прыжков квалифицированных гимнасток на "прыжковом столе", не решен вопрос о структурно-фазовом построении каждого из видов опорных прыжков. Таким образом, анализ современного состояния проблемы совершенствования техники двигательных действий квалифицированных гимнасток в опорном прыжке всех типов структурных групп в условиях измененной конструкции снаряда показал, что есть неиспользованные резервы в плане разработки программ технической подготовки гимнасток, основанных на использовании современных биомеханических технологий, с целью дальнейшего повышения эффективности управления тренировочным процессом в спортивной гимнастике.

Связь исследования с научными планами, темами. Работа соответствует Сводному плану НИР на 2011–2015 гг. Министерства Украины по делам семьи, молодежи и спорта по теме 2.15 "Управление статодинамической устойчивостью тела спортсмена и системы тел в видах спорта со сложной координационной структурой движений".

Анализ последних исследований и публикаций. Анализ научно-методической литературы и обобщение передового практического опыта показали, что многие специалисты в спортивной гимнастике [1, 6] в своих исследованиях уделяют большое внимание развитию физических качеств гимнасток для улучшения техники выполнения опорных прыжков, не учитывая того, что диапазон их развития ограничен. Специалисты предлагают использовать различные методические подходы в технической подготовке гимнастов. Специальными исследованиями установлено, что оптимальные методики обучения сложным опорным прыжкам гимнастов должны быть биомеханически обоснованными [1, 6]. В литературных источниках по биомеханике техники опорных прыжков подавляющее большинство данных представлено по кинематическим и динамическим характеристикам техники двигательных действий гимнасток на снаряде "конь". В то же время возросшие требования к выполнению опорных прыжков, отраженные в правилах соревнований (высота полета гимнастки, дальность приземления, оригинальность и риск выполнения прыжков разного класса трудности) и высокая плотность результатов в борьбе за призовое место обязывают к поиску эффективных путей совершенствования техники двигательных действий гимнасток.

Цель и задачи работы – анализ двигательных действий кинематической структуры гимнасток высокой квалификации в опорном прыжке женского многоборья на прыжковом столе в прыжках типа "Цукаха".

Результаты исследования. Кинематические характеристики техники выполнения опорного прыжка типа "Цукаха" на "прыжковом столе", полученные в результате анализа видеозаписей соревновательной деятельности высококвалифицированных гимнасток, представлены в табл. 1.

**Кинематические и оценочные характеристики
двигательных действий высококвалифицированных гимнасток
в опорном прыжке типа "Цукахара" (n = 29)**

Номер фазы	Название фазы	Показатель	\bar{x}	S	m	V, %
I	разбег	скорость ОЦМ тела гимнастки в разбеге перед наскоком на мост, м·с ⁻¹	7,92	0,34	0,06	5,46
II	наскок на мост	длительность, с	0,24	0,008	0,002	3,32
III	отталкивание от моста	длительность, с	0,088	0,023	0,004	37,10
		скорость ОЦМ тела гимнастки в момент отрыва от опоры моста, м·с ⁻¹	6,58	0,35	0,07	6,39
		угол в коленном суставе, град.	173,1	9,3	1,7	5,8
		угол в тазобедренном суставе, град.	168,7	9,9	1,9	6,2
IV	первая фаза полета	длительность, с	0,172	0,02	0,004	9,80
V	отталкивание от "прыжкового стола"	длительность, с	0,196	0,019	0,004	10,44
		скорость ОЦМ тела гимнастки в момент отрыва от опоры "прыжкового стола", м·с ⁻¹	5,25	0,36	0,07	9,11
		угол между биозвеньями плечо-туловище, град.	165,8	9,7	1,8	6,3
VI	вторая фаза полета	длительность, с	0,9	0,064	0,012	6,68
		угол вылета, град.	70,2	6,5	1,2	9,4
		угол поворота на восходящей части траектории, град.	328	34,2	6,5	10,9
		высота полета, м	1,86	0,14	0,03	11,57
		длина полета, м	2,84	0,24	0,04	9,76
	вторая фаза полета "согнувшись"	угол в тазобедренном суставе, град.	62,2	7,5	1,4	12,1
	вторая фаза полета "прогнувшись"	угол в тазобедренном суставе, град.	171,1	9,1	0,9	5,2
VII	приземление	угол между вертикалью и биозвеном "туловище", град.	45,2	4,3	0,8	9,5
		угол в коленном суставе, град.	178,3	16,2	3,1	10,6
Общая длительность прыжка, с			1,596	0,060	0,11	3,64
Исходная оценка за прыжок, балл			4,8	0,41	0,08	8,56
Оценка за технику, балл			9,15	0,41	0,08	4,53
Оценка общая, балл			13,95	0,52	0,10	3,79

Биомеханические и оценочные показатели опорного прыжка типа "Цукахара" характеризуют количественные характеристики спортивной техники ведущих гимнасток мира. Скорость в разбеге перед наскоком на мост ОЦТ тела гимнастки в прыжках типа "Цукахара" – $\bar{x} = 7,92 \text{ м·с}^{-1}$ ($S = 0,34 \text{ м·с}^{-1}$). Во второй фазе опорного прыжка длительность насока на мост в прыжках "Цукахара" – $\bar{x} = 0,241 \text{ с}$ ($S = 0,008 \text{ с}$). Длительность отталкивания от моста в прыжках "Цукахара" – $\bar{x} = 0,088 \text{ с}$ ($S = 0,023 \text{ с}$). Результирующая скорость отталкивания от моста в прыжках типа "Цукахара" – $\bar{x} = 6,58 \text{ м·с}^{-1}$ ($S = 0,35 \text{ м·с}^{-1}$); угол в коленном суставе в прыжках типа "Цукахара" – $\bar{x} = 173,1 \text{ град.}$, ($S = 9,3 \text{ град.}$); угол в тазобедренном суставе в прыжках "Цукахара" – $\bar{x} = 168,7 \text{ град.}$, ($S = 9,9 \text{ град.}$). Длительность I ФП в прыжках "Цукахара" – $\bar{x} = 0,172 \text{ с}$ ($S = 0,018 \text{ с}$). Длительность фазы отталкивания от "прыжкового стола" в стойке на руках: в прыжках "Цукахара" – $\bar{x} = 0,196 \text{ с}$ ($S = 0,019 \text{ с}$); результирующая скорость: в прыжках "Цукахара" – $\bar{x} = 5,25 \text{ м·с}^{-1}$ ($S = 0,36 \text{ м·с}^{-1}$); угол между биозвеньями плечо-туловище в прыжках

"Цукахара" – $\bar{x} = 165,8$ град., ($S = 9,7$ град.). Длительность II ФП в прыжках "Цукахара" – $\bar{x} = 0,90$ с ($S = 0,064$ с); высота II ФП в прыжках "Цукахара" – $\bar{x} = 1,86$ м ($S = 0,14$ м); длина II ФП в прыжках "Цукахара" – $\bar{x} = 2,84$ м ($S = 0,24$ м); угол вылета тела в прыжках "Цукахара" – $\bar{x} = 70,2$ град., ($S = 6,5$ град.); угол поворота тела на восходящей части траектории полета в прыжках "Цукахара" – $\bar{x} = 328$ град., ($S = 34,2$ град.); угол в тазобедренном суставе в положении "согнувшись" в прыжках "Цукахара" – $\bar{x} = 62,2$ град., ($S = 7,5$ град.), в положении "прогнувшись" в прыжках "Цукахара" – $\bar{x} = 171,1$ град., ($S = 9,1$ град.). В фазе приземления угол в коленном суставе равен: в прыжках "Цукахара" – $\bar{x} = 178,3$, ($S = 16,2$ град.); угол между вертикалью и биозвенном "туловище" в момент касания опоры в прыжках "Цукахара" – $\bar{x} = 45,2$ град., ($S = 4,3$ град.).

Общая длительность опорных прыжков "Цукахара" – $\bar{x} = 1,596$ с ($S = 0,060$ с). Исходная оценка за прыжки "Цукахара" – $\bar{x} = 4,8$ баллов ($S = 0,41$ балла). Оценка за технику в прыжках "Цукахара" – $\bar{x} = 9,15$ баллов ($S = 0,4$ балла). Общая оценка за прыжки "Цукахара" – $\bar{x} = 13,95$ баллов ($S = 0,52$ балла).

Кинематические характеристики техники выполнения элементов опорных прыжков типа "переворот" на снаряде "прыжковый стол" квалифицированными гимнастками представлены в табл. 2 [2, 3, 4].

Скорость ОЦТ тела гимнастки в разбеге перед наскоком на мост влияет на формирование полетных фаз опорного прыжка. Скорость ОЦТ тела квалифицированных гимнасток соответственно равна: в опорных прыжках типа "Цукахара" – $\bar{x} = 5,64$ м·с⁻¹ ($S = 0,21$ м·с⁻¹). Временной параметр второй фазы опорных прыжков – наскока на мост – длительности фазы наскока на мост квалифицированных гимнасток в опорных прыжках типа "Цукахара" определяет ритмическую структуру техники выполнения опорного прыжка и равен – $\bar{x} = 0,278$ с ($S = 0,006$ с). Для получения срочной корректирующей информации о точности и продолжительности отталкивания квалифицированной гимнастки от гимнастического моста мы использовали биомеханические показатели ее двигательных действий в III фазе опорного прыжка. Длительность отталкивания от моста составляет в прыжках типа "Цукахара" – $\bar{x} = 0,109$ с ($S = 0,015$ с). Момент отрыва от моста характеризуется стремлением гимнастки привести углы в основных суставах (коленных и тазобедренных) к 180°, угол в коленном суставе гимнастки в прыжках "Цукахара" – $\bar{x} = 152,7$ град., ($S = 4,2$ град.) и 154,9 град., ($S = 7,2$ град.) в тазобедренном суставе. Средний показатель скорости ОЦМ тела гимнастки в момент отрыва от опоры в фазе отталкивания от моста равен: в прыжках типа "Цукахара" – $\bar{x} = 5,5$ м·с⁻¹ ($S = 0,25$ м·с⁻¹). IV фаза опорных прыжков, т.е. I ФП – одна из важных фаз опорного прыжка, траектория I ФП представляет параболическую кривую [5, 8].

Длительность I ФП в прыжках "Цукахара" – $\bar{x} = 0,222$ с ($S = 0,022$ с). Длительность V фазы опорного прыжка – отталкивания от "прыжкового стола" в стойке на руках – в прыжках типа "Цукахара" – $\bar{x} = 0,234$ с ($S = 0,017$ с).

Отталкивание от "прыжкового стола" является сложнокоординированным двигательным действием, которое происходит в "короткий" промежуток времени, что не позволяет гимнастке вносить коррекцию в структуру данного движения. Биомеханические характеристики техники отталкивания от снаряда в опоре на руках при выполнении опорных прыжков квалифицированными гимнастками имеют свои особенности и закономерности. Так, например, скорость ОЦМ тела гимнастки в отталкивании руками от "прыжкового стола" в прыжках типа "Цукахара" – $\bar{x} = 3,51$ м·с⁻¹ ($S = 0,33$ м·с⁻¹). В целях расширения технических возможностей в усложнении опорных прыжков за счет увеличения параметров снаряда, целесообразно обращать внимание на положение суставных углов тела гимнасток, для успешного отталкивания важно учитывать угол между биозвеньями плечо-туловище, который составляет в прыжках типа "Цукахара" – $\bar{x} = 151,15$ град., ($S = 8,2$ град.). От отталкивания гимнастки руками от опоры "прыжкового стола" зависит продолжительность, дальность приземления и высота полета в опорном прыжке. Двигательные действия гимнастки при выполнении II ФП опорного прыжка являются сложными по координации и также могут быть охарактеризованы на основании кинематического анализа. Длительность II ФП в прыжках типа "Цукахара" – $\bar{x} = 0,798$ с ($S = 0,030$ с). Вращаясь, тело гимнастки должно перемещаться по высокой траектории с максимально удаленным от снаряда приземлением. От угла вылета гимнастки во II ФП, который составляет в прыжках "Цукахара" – $\bar{x} = 56,6$ град., ($S = 6,2$ град.), зависит траектория полета.

Кинематические и оценочные характеристики двигательных действий квалифицированных гимнасток в опорном прыжке типа "Цукаха" (n = 20)

Номер фазы	Название фазы	Показатель	\bar{x}	S	m	V, %	
I	разбег	скорость ОЦМ тела гимнастки в разбеге перед наскоком на мост, м·с ⁻¹	5,64	0,21	0,05	3,79	
II	наскок на мост	длительность, с	0,278	0,006	0,001	2,21	
III	отталкивание от моста	длительность, с	0,109	0,015	0,003	13,93	
		момент отрыва от опоры "прыжкового стола"	скорость ОЦМ тела гимнастки в момент отрыва от опоры моста, м·с ⁻¹	5,00	0,25	0,06	4,90
			угол в коленном суставе, град.	152,7	4,2	1,0	2,8
			угол в тазобедренном суставе, град.	154,9	7,2	1,6	4,6
IV	первая фаза полета	длительность, с	0,222	0,022	0,005	10,08	
V	отталкивание от "прыжкового стола"	длительность, с	0,234	0,017	0,004	7,39	
		момент отрыва от опоры "прыжкового стола"	скорость ОЦМ тела гимнастки в момент отрыва от опоры "прыжкового стола", м·с ⁻¹	3,51	0,33	0,08	9,48
			угол между биозвеньями плечо-туловище, град.	151,1	8,2	1,9	5,4
VI	вторая фаза полета	длительность, с	0,798	0,030	0,007	3,72	
			угол вылета, град.	56,6	6,2	1,4	10,95
			угол поворота на восходящей части траектории, град.	276,0	25,6	5,9	9,28
VI	вторая фаза полета	высота полета, м	1,16	0,11	0,02	9,4	
			длина полета, м	2,41	0,12	0,03	5,15
	вторая фаза полета согнувшись	угол в тазобедренном суставе, град.	73,1	3,2	0,7	4,3	
	вторая фаза полета прогнувшись	угол в тазобедренном суставе, град.	150,0	3,5	0,75	4,6	
VII	приземление	угол между вертикалью и биозвеном "туловище", град.	52,3	3,4	0,8	6,50	
			угол в коленном суставе, град.	147,5	13,6	3,1	9,22
Общая длительность прыжка, с			1,641	0,060	0,014	3,68	
Исходная оценка за прыжок, балл			4,08	0,10	0,02	2,46	
Оценка за технику, балл			8,53	0,15	0,04	1,75	
Оценка общая, балл			12,61	0,16	0,04	1,31	

Высота II ФП составляет в прыжках типа "Цукаха" – $\bar{x} = 1,16$ м (S = 0,11 м), соответственно длина II ФП в прыжках типа "Цукаха" – $\bar{x} = 2,41$ м (S = 0,12 м). Угол поворота тела гимнастки на восходящей части траектории полета в прыжках "Цукаха" – $\bar{x} = 276,0$ град., (S = 25,6 град.), угол в тазобедренном суставе в положении "согнувшись" в прыжках "Цукаха" – $\bar{x} = 73,1$ град., (S = 3,2 град.), в прыжках "Цукаха прогнувшись" и "Цукаха прогнувшись с пов. на 180°" – $\bar{x} = 150,0$ град., (S = 3,5 град.). VII фаза опорного прыжка – приземление. В фазе приземления важными показателями для устойчивого приземления гимнастки являются: угол в коленном суставе, который равен в прыжках "Цукаха" – $\bar{x} = 147,5$ град., (S = 13,6 град.), и угол между вертикалью и биозвеном "туловище" гимнастки в момент касания опоры, который равен в прыжках "Цукаха" – $\bar{x} = 52,3$ град., (S = 3,4 град.). Общая длительность опорного прыжка: типа "Цукаха" – $\bar{x} = 1,641$ с (S = 0,060 с). Исходная оценка в среднем равна: за прыжок "Цукаха" – $\bar{x} = 4,08$ баллов (S = 0,10 балла). Оценка за технику в прыжках "Цукаха" – $\bar{x} = 8,53$ баллов (S = 0,15 балла). Общая оценка за прыжок "Цукаха" – $\bar{x} = 12,61$ баллов (S = 0,16 балла) [7].

Выводы. 1. Сравнительный анализ кинематических характеристик техники высококвалифицированных и квалифицированных гимнасток показал, что во всех рассмотренных типах опорных прыжков статистически значимые различия в уровне $p < 0,05$ наблюдаются между показателями: скоростями ОЦМ тела гимнастки в разбеге перед наскоком на мост, в момент отрыва от опоры моста, в момент отрыва от опоры "прыжкового стола"; длительностями наскока на мост, отталкивания от моста, отталкивание от "прыжкового стола", длительностями первой и второй фазы полета; высотой и длиной второй фазы полета, углом в коленном суставе в отталкивании от моста, углом между биозвеньев плечо-туловище в отталкивании от "прыжкового стола", углом вылета, а также углом поворота на восходящей части траектории второй фазы полета, углом в тазобедренном суставе в второй фазе полета согнувшись, углом между вертикалью и биозвеньев "туловище" в приземлении.

2. В опорном прыжке типа "переворот" отмечены статистически значимые различия в уровне $p < 0,05$ между оценочными характеристиками двигательных действий высококвалифицированных и квалифицированных гимнасток: исходной оценкой за прыжок, оценке за технику, общей оценкой.

Перспективы дальнейших исследований. Заключаются в разработке программы совершенствования техники двигательных действий в опорном прыжке типа "переворот" у квалифицированных гимнасток на "прыжковом столе" на основе результатов сравнительного анализа высококвалифицированных и квалифицированных гимнасток в опорных прыжках типа "Цукахары".

Використані джерела

1. Практическая биомеханика / [А.Н. Лапутин, В.В. Гамалий, А.А. Архипов и др.]; под общ. ред. А.Н. Лапутина. – К.: Наук. світ, 2000. – 298 с.
2. Хмельницька І.В. Біомеханічний відеокomp'ютерний аналіз спортивних рухів: метод. посіб. [для вузів фізичного виховання та спорту] / І.В. Хмельницька. – К.: Науковий світ, 2000. – 56 с.
3. Хмельницькая И.В. Автоматизированная видеокomp'ютерная система "BioVideo" биомеханического анализа движений человека / И.В. Хмельницкая // VIII Междунар. науч. конгресс "Современный олимпийский спорт и спорт для всех" (Алматы, 2004.) – С. 328–331.
4. Хмельницька І.В. Програмний комплекс біомеханічного відеокomp'ютерного аналізу рухів людини / І.В. Хмельницька // Теорія і методика фіз. виховання і спорту. – 2004. – № 2. – С. 150 – 156.
5. Хмельницкая И.В., Крупеня С.В. Biomechanical Structure of Technique of "Tsukahara" Vaults Performed by Qualified Female-gymnasts / И.В. Хмельницкая, С.В. Крупеня // Молодіжний науковий вісник Волинського національного університету ім. Лесі Українки. – "Фізичне виховання і спорт". Вип. 8. – Луцьк, 2012. – С. 140-142.
6. Kashuba V., Khmel'nitska I., Krupenya S. Biomechanical analysis of skilled female gymnasts' technique in "round-off, flic-flac" type on the vault table / V. Kashuba, I. Khmel'nitska, S. Krupenya // Journal of Physical Education and Sport (JPES), 12(4). – 2012. – P. 431- 435.
7. Krupenya S., Khmel'nitska I. Improvement of Skilled Female Gymnast's Technique in "Handspring" Vault on a Modified Design of Apparatus / S. Krupenya, I. Khmel'nitska // 17th International Scientific Congress: Olympic Sport and Sport for All. – Beijing, China, 2nd–6th June, 2013. – Congress Proceedings. – P. 270.
8. Khmel'nitska I., Krupenya S. Comparative Analysis of Vaults Technique Over "Old Horse" and "New Table" Performed by Qualified Female-Gymnasts / I. Khmel'nitska, S. Krupenya // 17th International Scientific Congress: Olympic Sport and Sport for All. – Beijing, China, 2nd–6th June, 2013. – Congress Proceedings. – P. 268.

Krupenia S., Panchenko A., Tereshchenko I.

KINEMATICS STRUCTURE OF MOTOR ACTIONS HIGHLY SKILLED ATHLETES DURING EXERCISE ON THE HOPPING IN THE WOMEN'S GYMNASTIC TABLE ROUND

The results of biomechanical analysis of technique of "Tsukahara"-style vaults performed by skilled female-gymnasts under the changed apparatus construction are presented in this paper. The leading elements of vault performance technique on "new table" have been identified by correlation analysis.

Key words: vault, performance technique, motor action, vault phase, correlation analysis.

Стаття надійшла до редакції 28.08.2014 р.