

20. Sperlich, J. Biomechanical testing in elite canoeing / J. Sperlich, J. Baker // 20 International Symposium on Biomechanics in Sports, Cáceres, July 1–5, 2002. – Cáceres, 2002. – P. 44–47.

21. Sperlich, J. Biomechanics of canoe slalom: measuring techniques and diagnostic possibilities / J. Sperlich, J. Klauck // 10 International Symposium on Biomechanics in Sports, Milan, June 15–19, 1992. – Milan, 1992. – P. 82–84.

22. Tullis, S. Detailed on-water measurements of blade forces and stroke efficiencies in sprint canoe / S. Tullis, C. Galipeau, D. Morgoch // Proceedings. – 2018. – Vol. 2. – P. 306–314.

23. Wilson, V. Athletes are different: Factors that differentiate biofeedback/neurofeedback for sport versus clinical practice / V. Wilson, E. Peper // Biofeedback. – 2011. – Vol. 39, iss. 1. – P. 27–30.

УДК 796.022

**ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОПТИЧЕСКОГО  
«ЗАХВАТА ДВИЖЕНИЙ» В ОЦЕНКЕ СЛОЖНЫХ  
ПАРНО-ГРУППОВЫХ УПРАЖНЕНИЙ В АКРОБАТИКЕ**

**POSSIBILITIES OF APPLICATION OF THE TECHNOLOGY OF OPTICAL  
«MOTION CAPTURE» IN THE ASSESSMENT OF DIFFICULT  
PAIR-GROUP EXERCISES IN ACROBATICS**

**Морозевич-Шилюк Т. А., канд. пед. наук, доцент**

Белорусский государственный университет физической культуры, г. Минск

**Ковалёва В. А., Гусейнов Д. И.**

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

**АННОТАЦИЯ.** Специалисты часто обращают внимание на проблему не-объективности оценки техники выполнения двигательных действий со сложной координационной структурой. В настоящей статье представлены возможности использования системы оптического «захвата движений» при анализе техники сложных парно-групповых элементов в акробатике. Обоснована актуальность внедрения данной системы в учебно-тренировочный процесс, показаны преимущества и особенности ее применения в подготовке высококвалифицированных спортсменов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** спортивная акробатика; парно-групповые упражнения; сальто из рук в руки, оптический «захват движений»; количественный анализ, качественный анализ.

**ABSTRACT.** Experts often pay attention to the problem of bias in assessing the implementation of complex coordination exercises in acrobatics. This article presents the capabilities of the optical «motion capture» system in assessing movements with a complex coordination structure in pair acrobatics. The urgency of its implementation

in the training process is substantiated, as well as the main advantages and features of the application of this technology in the training of highly qualified athletes are shown.

**KEYWORDS:** sports acrobatics; pair and group exercises; somersault from hands to hands; optical «motion capture»; quantitative analysis; qualitative analysis.

Спортивная акробатика представляет собой вид спорта, основанный на выполнении широкого спектра двигательных действий в парах или группах. Парно-групповые акробатические упражнения подразделяются на два вида – балансовые (выполняемые без разрыва хвата партнеров) и вольтижные (выполняемые с фазой полета). К основным критериям результативности акробатических упражнений можно отнести трудность выполняемых элементов (определяется на основании Таблиц трудности), техническое исполнение и артистизм [1, 2].

Наибольшей технической сложностью обладают вольтижные упражнения. Это обусловлено взаимодействием спортсменов, при выполнении упражнений, включающих броски и ловлю партнера. Согласованность действий партнеров в отдельных фазах элемента определяет качество его исполнения. Повышению соревновательной результативности спортсменов в парных и групповых дисциплинах при выполнении сложных вольтижных упражнений может способствовать изучение совместной двигательной деятельности партнеров с целью максимальной реализации их физических и технических возможностей [3, 4].

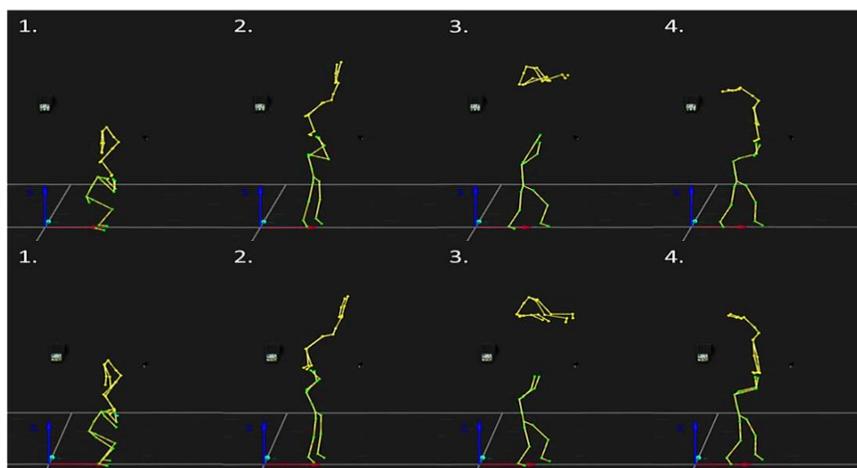
Сегодня в большинстве случаев оценка техники выполняемых акробатами элементов производится на основе субъективных взглядов тренера и экспертов в соответствующей области (судей), без использования современных информационных систем и аппаратно-программных комплексов, позволяющих получить достоверные и более точные данные. Стоит отметить, что в практике подготовки спортсменов применяется высокоскоростная многоплоскостная видеосъемка, что отражено в ряде исследовательских работ [5]. Безусловно, видеофиксация ключевых моментов двигательных действий акробатов позволяет получить неопределимую информацию о специфике движений отдельного спортсмена или пары/группы спортсменов. Однако процесс обработки и анализа данных, получаемых посредством видеосъемки довольно трудоемок и требует существенных временных затрат. Более того, плоскостная видеосъемка не позволяет зарегистрировать многие важные моменты движений акробатов в составе пары или группы, а результаты подобных измерений обладают высокой погрешностью, связанной с ошибкой исследователя. В связи с этим возрастает актуальность в разработке современных методов оценки техники акробатических упражнений, выполняемых парой либо группой спортсменов, с использованием инновационных измерительных устройств и аппаратно-программных комплексов.

Сегодня в различных областях науки для изучения особенностей движения тела человека, а также взаимодействия отдельных его частей в пространстве применяется инновационная технология «захвата движений» (с англ. – «motion capture») [6–8]. Особую актуальность данная технология обретает при изучении спортивных движений в сложнокоординационных видах спорта, поскольку позволяет с относительно небольшой трудоемкостью получить уникальный много-

параметрический материал, характеризующий кинематическую сторону выполняемых упражнений [9, 10]. Аппаратно-программные комплексы и системы, основанные на технологии «захвата движений», позволяют создавать компьютерные трехмерные модели тела спортсмена, а встроенные вычислительные алгоритмы – осуществлять математический анализ основных аспектов движения. Такие системы в сравнении с плоскостной видеосъемкой обладают рядом существенных преимуществ: наиболее точное отслеживание положения тела спортсмена или его отдельных звеньев при выполнении упражнения; возможность создания трехмерной кинематической модели 2-х и более объектов, одновременно движущихся в поле зрения камер, а также менее трудоемкой процедурой обработки результатов измерения. Это позволяет регистрировать очень точные и достоверные данные.

Целью работы является анализ сложнокоординационных упражнений в спортивной акробатике, выполняемых в паре для демонстрации вычислительных и аналитических возможностей технологии «захвата движений».

В качестве примера рассмотрим несколько попыток выполнения одного из основных и наиболее сложных вольтижных упражнений парных дисциплин в спортивной акробатике – сальто из рук в руки. В рамках этого упражнения нижний спортсмен выполняет бросок верхнего спортсмена вверх, после чего верхнему спортсмену необходимо выполнить сальто назад в группировке в сагиттальной плоскости. Далее, нижнему спортсмену необходимо выполнить ловлю верхнего спортсмена хватом за стопы и зафиксировать финальную позу. Анализ техники рассматриваемого элемента осуществлялся на основании определенных кинематических параметров, описывающих двигательные действия, выполняемые как нижним, так и верхним партнером. Для регистрации интересующих параметров использовался оптико-электронный аппаратно-программный комплекс Qualisys. Выполненное спортсменами упражнение разделено на 4 ключевых момента времени (фазы двигательного действия). Первый момент времени соответствует началу «выталкивания» нижним спортсменом верхнего. Второй – соответствует началу безопорной части движения (фазы полета) верхнего спортсмена. Третий – соответствует максимальной высоте полета верхнего спортсмена в безопорной части движения. Четвертый – завершению безопорной части движения верхнего спортсмена (приземления на кисти нижнего партнера – ловли). Выделенные моменты времени визуализированы на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Трехмерная модель тел спортсменов при выполнении сальто из рук в руки, созданная с помощью Qualisys Track Manager**

Для анализа техники исследуемого элемента были рассчитаны следующие параметры:

- $\alpha_1$ , град. – угол наклона предплечий нижнего спортсмена в момент времени 1 относительно фронтальной плоскости;
- $\alpha_2$ , град. – угол наклона предплечий нижнего спортсмена в момент времени 2 относительно фронтальной плоскости;
- $\beta_1$ , град. – угол наклона туловища нижнего спортсмена в момент времени 1 относительно фронтальной плоскости;
- $\beta_2$ , град. – угол наклона туловища нижнего спортсмена в момент времени 2 относительно фронтальной плоскости;
- $a_1$ , мм/с<sup>2</sup> – ускорение лучезапястных суставов верхнего спортсмена;
- $a_2$ , мм/с<sup>2</sup> – ускорение голеностопных суставов верхнего спортсмена;
- $\phi$ , град. – угол наклона собственной оси тела верхнего спортсмена относительно фронтальной плоскости.

Собственная ось тела верхнего спортсмена образована прямой, соединяющей центры тяжести верхних и нижних конечностей.

Значения анализируемых параметров представлены в таблицах 1–3.

Таблица 1 – Данные параметров движений нижнего спортсмена в промежутке времени от начала «выталкивания» верхнего спортсмена до момента начала безопорной части движения

№ попытки	$\alpha_1$ , град.	$\alpha_2$ , град.	$\beta_1$ , град.	$\beta_2$ , град.
1	–10,6	–35,4	22,8	–10,6
2	–7,4	–39,1	24,8	–19,2

Таблица 2 – Данные параметров вращения верхнего спортсмена в разрезе ускорений лучезапястных и голеностопных суставов

№ попытки	Момент времени	$a_1$ , мм/с <sup>2</sup>	$a_2$ , мм/с <sup>2</sup>
1	1	–	–
	2	30121,0	5486,3
	3	15877,8	6125,9
	4	23288,5	4280,3
2	1	–	–
	2	38903,4	3605,9
	3	11602,0	5588,7
	4	17735,5	3018,5

Таблица 3 – Данные параметров вращения верхнего спортсмена в разрезе ориентации собственной оси его тела

№ попытки	φ, град. (в моменты времени 1–4)			
	1	2	3	4
1	–1,1	23,5	–60,9	–21,9
2	6,9	32,2	–45,0	–20,2

Обе попытки можно назвать успешными, поскольку была выполнена ловля верхнего партнера и зафиксировано финальное положение. Однако, первая попытка с точки зрения потенциально полученной оценки за технику исполнения является более результативной. Это объясняется следующими факторами:

1. В момент начала безопорной части движения величина угла наклона предплечий нижнего спортсмена практически в два раза больше в сравнении с первой попыткой, что определяется качеством опоры, создаваемой нижним спортсменом при «выталкивании» верхнего. В этом случае верхний спортсмен уходит в фазу падения значительно раньше, что не позволяет ему оттолкнуться таким образом, чтобы создать резерв высоты, а также обеспечить достаточное начальное ускорение для последующего качественного выполнения сальто назад.

2. Сильный «завал» верхнего спортсмена во второй попытке в момент начала безопорной части движения (момент времени 2) в сравнении с первой попыткой повлиял на интенсивность вращения, что подтверждается более низкими значениями ускорений лучезапястного и голеностопного суставов во всех анализируемых моментах времени. Стоит отметить, что величина ускорения лучезапястного сустава в момент времени 2 во второй попытке выше величины ускорения лучезапястного сустава в тот же момент времени в первой попытке, что является следствием чрезмерного «завала» верхнего спортсмена в момент начала безопорной части движения: верхний спортсмен вынужден выполнить более интенсивное вращательное движение руками для обеспечения достаточного вращательного момента для выполнения сальто.

3. Вследствие недостаточно эффективного отталкивания во второй попытке, величина угла наклона собственной оси тела верхнего спортсмена в момент достижения максимальной высоты полета (момент времени 3) оказалась существенно ниже в сравнении с первой попыткой, что является критической ошибкой при выполнении данного упражнения. В определенных обстоятельствах это может привести к падению верхнего спортсмена, поскольку в момент завершения безопорной части движения он будет находиться в «невыгодном» положении для ловли.

**Заключение.** Обеспечение объективного количественного и качественного анализа техники парно-групповых элементов со сложной координационной структурой возможно при использовании современных систем «захвата движений».

Применение современных систем компьютерной фиксации ключевых моментов двигательного действия акробатов дает тренеру наиболее точную и полную информацию о специфике движений отдельного спортсмена, что позволяет выявлять ошибки в технике выполнения элемента, «проблемные области» при согласовании действий партнеров. Это, в свою очередь, создает основу для разработки программы тренировок с учетом конкретных индивидуальных особенностей движения.

Кроме того, визуализация сложных двигательных действий и их наглядное представление, улучшает процесс осмысления выполняемых движений спортсменом, что крайне важно при разучивании элемента и совершенствовании техники его исполнения. Использование методики компьютерного «захвата движений» в процессе освоения сложных парно-групповых элементов позволяет обеспечить минимизацию ошибок, профилактику формирования неправильного двигательного навыка, возникновения явления так называемого «заскока», снижает риск получения травм при неправильном выполнении упражнения.

### Список литературы

1. Морозевич-Шилюк, Т. А. Методология подготовки акробатов высокого класса: монография / Т. А. Морозевич-Шилюк; Белорус. гос. ун-т физ. культуры. – Минск: БГУФК, 2014. – 192 с.
2. 2017–2020 Свод правил [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.gymnastics.sport/publicdir/rules/files/ru\\_ACRO%20CoP%202017-2020.pdf](https://www.gymnastics.sport/publicdir/rules/files/ru_ACRO%20CoP%202017-2020.pdf). Дата доступа: 10.10.2021.
3. Морозевич-Шилюк, Т. А. Методология развивающейся базы как система подготовки акробатов: концептуальное представление / Т. А. Морозевич-Шилюк // Теория и практика физической культуры. – 2005. – № 3. – С. 6–8.
4. Соколов, Г. Я. Основы техники парно-групповых акробатических упражнений: учебное пособие / Г. Я. Соколов, А. П. Алябышев. – Омск: ОГИФК, 1988. – 56 с.
5. Анцыперов, В. В. Анализ двигательной деятельности партнеров в парной акробатике / В. В. Анцыперов, Н. Л. Горячева // Фундаментальные исследования. – 2012. – №3 (часть 3). – С. 563–566.

6. Auvinet, E. New Lower-Limb gait asymmetry indices based on a depth camera / E. Auvinet, F. Multon, J. Meunier // *Sensors*. – 2015. – 15 (3). – P. 4605–4623.

7. Gait recording with inertial sensors – How to determine initial and terminal contact / K. Bötzel [et al.] // *Journal of Biomechanics*. – 2016. – 49 (3). – P. 332–337.

8. Position and orientation in space of bones during movement: anatomical frame definition and determination / A. Cappozzo [et al.] // *Journal of Biomechanics*. – 1995. – 10 (4). – P. 171–178.

9. The relationships between driver club head presentation characteristics, ball launch conditions and golf shot outcomes / N. F. Betzler [et al.] // *Journal of Sports Engineering and Technology*. – 2014. – 228 (4). – P. 242–249.

10. Comparison of Lower Limb Segments Kinematics in a Taekwondo Kick. An Approach to the Proximal to Distal Motion / I. Estevan [et al.] // *Journal of Human Kinetics*. – 2015. – 47 (1). – P. 41–49.

УДК 371.693.4

## **РОЛЬ ТРЕНАЖЕРОВ В ПРОФИЛАКТИКЕ ОБОСТРЕНИЯ ОСТЕОХОНДРОЗА ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА**

## **THE ROLE OF SIMULATORS IN THE PREVENTION OF EXACERBATION OF OSTEOCHONDROSIS OF THE LUMBAR SPINE**

**Федоскина Е. М., канд. пед. наук, доцент, Афонасьев С. Л., Федоскина А. В.**  
Смоленский государственный университет спорта, г. Смоленск, Россия

**АННОТАЦИЯ.** В статье описывается комплекс упражнений на тренажерах Бубновского. Данные упражнения доказали свою эффективность при реабилитации больных, страдающих остеохондрозом в поясничном отделе позвоночника. В комплекс входят элементы силового стретчинга на многофункциональном тренажере Бубновского в начале и в конце занятия, а также специально подобранные «связки» на узколокальных тренажерах для укрепления мышечного корсета, улучшения кровотока, лимфотока и трофики в проблемной зоне.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** остеохондроз; поясничный отдел позвоночника; методика кинезитерапии; тренажеры; мышцы-разгибатели спины; статическая функция мышц; динамическая функция мышц.

**ABSTRACT.** The article describes a set of exercises on Bubnovsky simulators. These exercises have proven their effectiveness in the rehabilitation of patients suffering from osteochondrosis in the lumbar spine. The complex includes elements of