

УДК 796.412.2

СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТЬЮ ТЕЛА В СЛОЖНЫХ СТАТИЧЕСКИХ РАВНОВЕСИЯХ ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ГИМНАСТИКИ

Л.А. Коновалова, Д.А. Карпеева

ФГБОУ ВО «Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма», Казань, Россия

Для связи с авторами: E-mail: liliykonovalov@yandex.ru

Аннотация

Цель: выявить стратегии управления статической позой гимнастки при различных механических условиях сохранения устойчивости тела.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 12 спортсменок 18-20 лет, занимающихся художественной гимнастикой и имеющих спортивное звание – мастер спорта. Использовались метод стабилотрии с применением компьютерного стабиланализатора «Стабилан-01-2» (Россия), метод биомеханического моделирования и расчетный метод.

Результаты. Представлены результаты сравнительного биомеханического и стабилотрического исследования статической позы «арабеск», выполненной гимнастками в трех стойках: на колене, на стопе и на носке. На основании построения расчетно-аналитических схем получены следующие биомеханические характеристики: общий центр тяжести (ОЦТ) гимнастки, площадь опоры, углы устойчивости, моменты силы тяжести и суставные моменты. Сравнительный анализ биомеханических характеристик позволил определить, что более благоприятные условия для сохранения устойчивости позы гимнастки создаются в стойке на колене, сложные условия характерны для стойки на носке. Результаты исследования физиологических показателей функции равновесия выявили наиболее «чувствительные» к изменению механических условий равновесия статокинетические показатели, такие как длина статокинезиограммы по сагиттальной оси (L_y , мм), средняя скорость смещения ЦД (V , мм/сек), рабочая площадь опоры (E_{lls} , кв.мм). Выявлен вариативный характер внутренних управляющих воздействий при сохранении позы «арабеск» в зависимости от механических условий.

Заключение. Предложена трехзвенная модель перевернутого маятника с разными стратегиями управления позой: «тазобедренной» – в стойке на колене, «голеностопной» – в стойке на стопе, и «голеностопно-фаланговой» – в стойке на носке.

Ключевые слова: художественная гимнастика, техническая подготовка, статическое равновесие, устойчивость тела, стабилотрия, центр давления, площадь опоры, стратегии управления позой.

STRATEGIES OF BODY STABILITY CONTROL IN COMPLEX STATIC BALANCES OF RHYTHMIC GYMNASTICS

L.A. Konovalova, D.A. Karpeeva

Volga Region State Academy of Physical Culture, Sport and Tourism, Kazan, Russia

Abstract

The aim: to identify strategies for controlling a static posture of a gymnast under various mechanical conditions for maintaining body stability.

Materials and methods. The study involved 12 athletes aged 18 to 20 engaged in rhythmic gymnastics who has obtained a Master of Sports title. The following methods were used: stabilometry utilizing Stabilan-01-2 computer stabilo-analyzer (Russia), biomechanical modeling and the calculation method.

Results. The paper contains the results of a comparative biomechanical and stabilometric study of the "arabesque" static posture performed by gymnasts in three standing positions: a knee stand, one foot stand and a toe stand. Elaboration of calculation and analytical schemes has resulted in obtaining of the following biomechanical characteristics: the center of gravity (CG) of a gymnast, a take-off area, stability angles, the moments of gravitational force and the articular moments. A comparative analysis of biomechanical characteristics has made it possible to determine that the most favorable conditions for maintaining stability of a gymnast's position appear in a knee stand, while unfavorable conditions have been recorded in a toe stand. The results of the study of physiological parameters of balance function revealed statokinetic indicators which turned out to be

the most “sensitive” to alterations of mechanical conditions of balance. These are the statokinesiogram length along the sagittal axis (Ly, mm), the mean CSD velocity (V, mm/sec), the working area of take-offs (EIS, sq. mm). We have revealed a variable nature of internal controlling effects while maintaining the arabesque position depending on the mechanical conditions.

Conclusion. A three-link model of an inverted pendulum with different posture control strategies is proposed: “hip” - in a knee stand, “ankle” - in one foot stand, and “ankle-phalanx” - in a toe stand.

Keywords: rhythmic gymnastics, technical training, static balance, body stability, stabilometry, pressure center, take-off area, posture control strategies.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема сохранения позы в соревновательном упражнении является актуальной для видов спорта, где существуют высокие требования к качеству управления устойчивостью тела спортсмена. Сюда относятся различные виды единоборств, где на успешность выполнения атакующих и защитных приёмов влияет способность некоторое время сохранять неподвижное положение тела и отдельных его частей; стрелковый спорт, в котором спортсменам приходится длительно удерживать устойчивую вертикальную позу; сложнокоординационные виды спорта, такие как акробатика, фигурное катание, чирлидинг, в которых статические позы фактически составляют основу соревновательных программ. В художественной гимнастике, для которой характерна сложная координационная структура движений, качество сохранения устойчивости при выполнении соревновательных комбинаций в значительной мере влияет на результат. К наиболее сложным техническим элементам, предъявляющим повышенные требования к сохранению позы, относятся равновесия в стойке на одной ноге. Разнообразие способов выполнения и высокая трудность гимнастических равновесий вызывают исследовательский интерес специалистов [2, 3].

Вместе с тем остается открытым вопрос о влиянии механических условий выполнения статического равновесия на организацию устойчивости тела гимнастки. В результате не сформированы научные знания об управляющих действиях гимнастки при сохранении устойчивости тела в сложных статических равновесиях.

Цель исследования – определение стратегий управления статической позой гимнастки при различных механических условиях сохранения устойчивости тела.

Задачи исследования:

1. Определить механические условия сохранения устойчивости тела в равновесии «арабеск», выполненном в различных стойках.
2. Определить модель и стратегии управления сложной статической позой в художественной гимнастике.

МЕТОДЫ

И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие спортсменки 18-20 лет, занимающиеся художественной гимнастикой и имеющие высокую спортивную квалификацию – мастер спорта России (МС). Использовались метод стабилометрии, метод биомеханического моделирования и расчетный метод. Стабилометрические измерения проводились на базе Учебно-научного центра технологий подготовки спортивного резерва Поволжской ГАФКСиТ на платформе «Стабилан-1». Оценивались биомеханические и интегральные показатели устойчивости.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для решения первой задачи был проведен сравнительный анализ биомеханических характеристик равновесия «арабеск», выполненного гимнасткой при различных условиях опоры: в стойке на колене, в стойке на всей стопе, в стойке на носке. Анализировались следующие показатели: общий центр тяжести (ОЦТ) гимнастки, площадь опоры, углы устойчивости, моменты силы тяжести и суставные моменты в каждом из трех равновесий «арабеск».

Для биомеханического анализа была построена расчетно-аналитическая схема каждого равновесия на основе фотографического изображения гимнастки, которая является 14-звенной механической моделью спортсменки (рисунок 1, Figure 1). Данная модель позволила по теореме

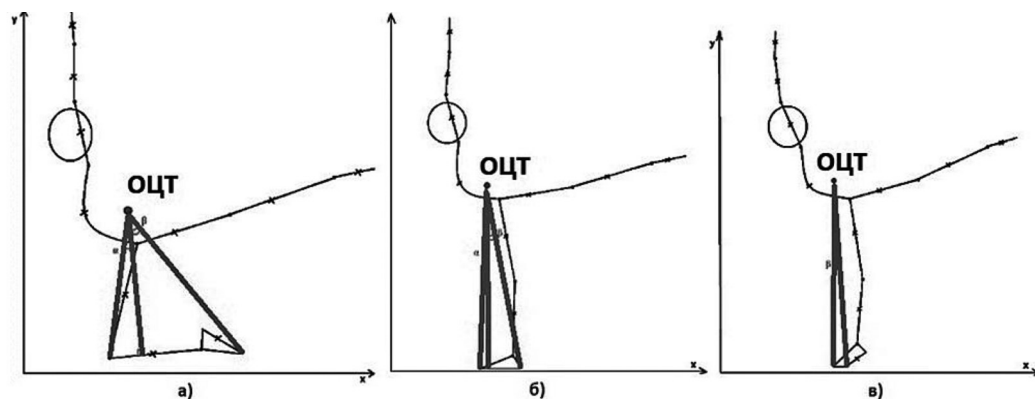


Рисунок 1 – 14-звенная модель гимнастки в статической позе «арабеск» (а) в стойке на колене, (б) в стойке на всей стопе, (в) в стойке на носке / Figure 1 – 14-link model of a gymnast in the “arabesque” static posture (a) in a knee stand, (b) in one foot stand, (c) in a toe stand

Варианты рассчитать координаты ОЦТ тела гимнастки и далее определить биомеханические характеристики статической позы (таблица).

На основании полученных биомеханических характеристик было выявлено, что наиболее благоприятные условия для сохранения устойчивости позы гимнастки создаются в стойке на колене: в этом случае самая низкая высота ОЦТ, самая большая площадь опоры и наибольшие углы устойчивости (таблица, Table). Наиболее сложные механические условия для сохранения устойчивости оказались в стойке на носке: здесь наиболее высокое положение ОЦТ над опорой, минимальная площадь опоры и наименьшие углы устойчивости.

Согласно закону статики, для обеспечения равновесия тела необходимо уравновесить моменты сил тяжести звеньев суставными моментами – моментами сил мышечных тяг, обслуживающих тот или иной сустав. Были рассчитаны результирующие моменты силы тяжести и суставные моменты относительно нескольких сочленений: тазобедренного, коленного и голеностопного.

Проведённые вычисления показали, что для сохранения устойчивого положения при удержании позы «арабеск» с разными условиями опоры необходимо приложить разной величины суставной момент относительно одного и того же сустава. Так, суммарный момент силы тяжести относительно тазобедренного сустава самый большой по величине (5,154 Н*м) – в стойке на колене, минимальный – в стойке на всей стопе (3,643 Н*м), средний по величине – в стойке на носке (4,99 Н*м). Относительно голеностопного сустава величина момента внешней силы примерно идентична в позе «арабеск» на полной стопе и на носке – 7,744 Н*м и 7,409 Н*м соответственно.

Биомеханический анализ трех видов статического равновесия в позе «арабеск» показал, что, несмотря на усложнение механических условий выполнения, гимнастка способна длительное время сохранять неизменной заданную позу при отсутствии видимых балансовых движений.

Таким образом, можно говорить, что стабильность техники гимнастического равновесия в

Таблица – Биомеханические характеристики статической позы «арабеск» при различных условиях опоры / Table – Biomechanical characteristics of the “arabesque” static posture under different support conditions

Вид равновесия / Balance type	Биомеханические показатели / Biomechanical indicators			
	Высота ОЦТ (м) / Height GC (m)	Площадь опоры (м ²) / Take-off area (m ²)	Углы устойчивости / Stability angles	
			α (град. / degr.)	β (град. / degr.)
в стойке на колене / in a knee stand	0,639	0,75	10	34,6
в стойке на всей стопе / in one foot stand	1,017	0,023	1	12
в стойке на носке / in a toe stand	1,107	0,009	0	3,7

изменяющихся условиях выполнения должна обеспечиваться вариативным характером внутренних управляющих воздействий многосвязной системы гимнастики.

Для проверки данного предположения нами было проведено исследование физиологических показателей функции равновесия у гимнасток высокой квалификации с использованием метода стабилотриии. Выявлены следующие «чувствительные» к изменению механических условий равновесия статокинетические показатели: длина статокинезиограммы по сагиттальной оси (L_y , мм), средняя скорость смещения ЦД (V , мм/сек), рабочая площадь опоры (E_{IS} , кв. мм).

Наибольшая длина траектории ЦД характерна для позы в стойке на колене (рисунок 2, Figure 2), что указывает на более значительные амплитуды смещения ЦД в направлении вперед и назад по сравнению с таковой в других стойках, что, вероятно, обуславливает и более высокую среднюю скорость перемещения ЦД в стойке на колене (рисунок 3, Figure 3).

Следующий показатель – площадь статокинезиограммы – характеризует рабочую площадь

опоры гимнастки (рисунок 4, Figure 4). Сравнительный анализ этого показателя в 3 видах стоек показал значительное его увеличение в стойке на носке в равновесии «арабеск» по сравнению с таковым в стойках на колене и на полной стопе. Таким образом, решая первую задачу, мы выявили, что наиболее благоприятные биомеханические условия создаются при выполнении «арабеска» в стойке на колене, т.к. при данном виде равновесия площадь опоры значительно больше, высота ОЦГ ниже, а углы устойчивости указывают на устойчивость равновесия как в переднем, так и в заднем направлении.

Однако данные стабилотриии показали, что, несмотря на значительную площадь опоры в равновесии «арабеск» в стойке на колене, рабочая площадь опоры в этом случае значительно меньше, нежели рабочая площадь опоры в равновесии в стойке на всей стопе и в стойке на носке. Это свидетельствует о том, что, несмотря на внешние упрощенные условия выполнения равновесия «арабеск» в стойке на колене, по своей внутренней структуре оно является не менее сложным, чем «арабеск» в стойке на носке. Причиной тому является малая подвижность колен-

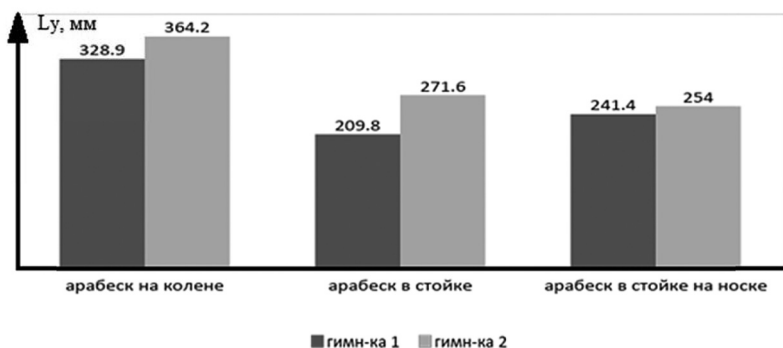


Рисунок 2 – Изменение длины траектории ЦД в 3 стойках, выполненных двумя гимнастками МС / Figure 2 – Alterations of the trajectory length of the center of pressure in 3 standings performed by two gymnasts having Master of Sports title

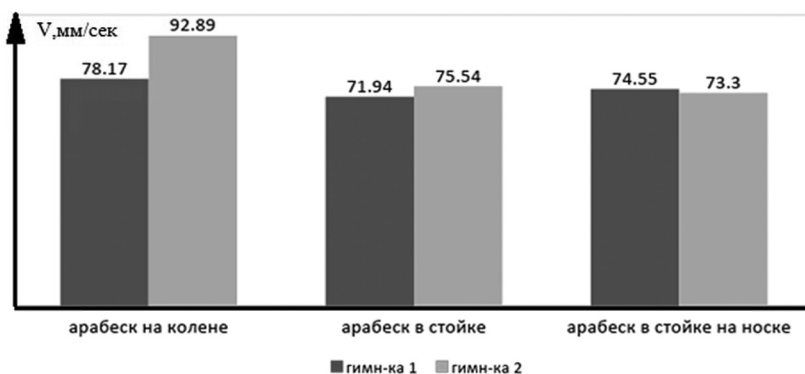


Рисунок 3 – Сравнение средней скорости перемещения ЦД в различных стойках, выполненных двумя гимнастками МС / Figure 3 – Comparison of dislocation velocity of the center of pressure in different standings, performed by two gymnasts having Master of sports title

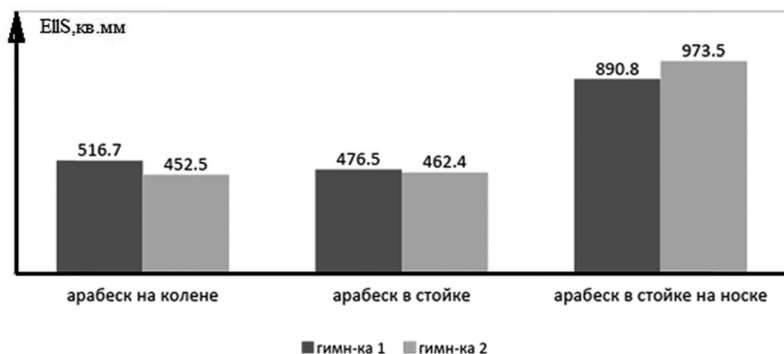


Рисунок 4 – Площадь статокинезиограммы в различных стойках, выполненных двумя гимнастками МС / Figure 4 – Statokinesiogram area in various standings performed by two gymnasts having Master of sports title

ного сустава по сравнению с голеностопным, в связи с чем осуществление балансирующих микроколебаний становится невозможным, а совершение корректирующих действий со значительными перемещениями ЦД и ОЦГ может привести к грубым ошибкам при выполнении данного равновесия.

Из вышесказанного следует, что сохранение устойчивости тела в сложных статических равновесиях отличает различный характер позных колебаний, а это, в свою очередь, указывает на наличие различных стратегий управления.

В настоящее время в литературе описано несколько стратегий управления позой. Выделяют «голеностопную» и «тазобедренную», которые различаются по вовлеченным в управление позой структурам [1, 4]. Нами сделана попытка определения наиболее подходящей модели и стратегии управления гимнастической позой при решении различных двигательных задач.

Предложена трехзвенная модель перевернутого маятника для всех трех разновидностей равновесия «арабеск». Главным отличием этих моделей является та стратегия управления, которая наиболее эффективна для сохранения устойчивости тела при отклонении от вертикали в заданной позе.

В «арабеске» стоя на колене управление сохранением позы определяется «тазобедренной» стратегией, т.к. коленный сустав является опорным шарниром и ограничен в возможностях внесения «гонки» коррекций суставного угла при ограниченно-устойчивом равновесии.

«Арабеск» в стойке на всей стопе характеризуется «голеностопной стратегией» как наи-

более благоприятной для тонкого регулирования устойчивостью тела в стойках на одной ноге и отсутствием изменений суставного угла в тазобедренном суставе. В практике художественной гимнастики использование «тазобедренной» стратегии управления равновесием «арабеск» приводит к наличию двигательных ошибок, снижающих техническую ценность исполнения. Это присутствие в равновесии видимых балансирующих движений (макроколебаний) свободной ноги или туловища.

Для «арабеска» на носке характерно увеличение количества степеней свободы трехзвенной цепи, т.к. возможно движение не только в голеностопном, но и в отдельных суставах стопы и пальцев. Поэтому ведущей стратегией в данном случае будет «голеностопно-фаланговая», где при малой площади опоры и значительном удалении ОЦГ возможны микроколебания биомеханической системы у опоры, но с ограниченным участием в балансе голеностопного сустава.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование механических условий сохранения устойчивости тела в равновесии «арабеск», выполненном в различных стойках, показало, что наиболее благоприятные параметры создаются при выполнении «арабеска» в стойке на колене, т.к. при данном виде равновесия площадь опоры значительно больше, высота ОЦГ ниже, а углы устойчивости указывают на устойчивость равновесия как в переднем, так и в заднем направлении.

Однако данные стабилόμεрии дали несколько иное представление об условиях сохранения

устойчивости. Несмотря на значительную площадь опоры в равновесии «арабеск» в стойке на колене, рабочая площадь опоры в этом случае значительно меньше, нежели рабочая площадь опоры в равновесии в стойке на всей стопе и в стойке на носке. Причиной тому является малая подвижность коленного сустава по сравнению с подвижностью голеностопного, в связи с чем осуществление балансируемых микроколебаний становится невозможным, а совершение корректирующих действий со значительными перемещениями ЦД и ОЦТ может привести

к грубым ошибкам при выполнении данного равновесия.

Таким образом, различные механические условия опоры и различный позный характер колебаний обуславливают использование отличных друг от друга стратегий управления статической позой: «газобедренной» стратегии в условиях равновесия «арабеск» в стойке на колене, «голеностопной» стратегии для равновесия «арабеск» в стойке на всей стопе и «голеностопно-фаланговой» – в случае равновесия «арабеск» в стойке на носке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биленко, А. Г. Биомеханика вертикальной устойчивости и оценка ее в спорте: дис. ... канд. пед. наук / А. Г. Биленко. – СПб., 2008. – 212 с.
2. Винер, И. А. Факторы, предопределяющие успешность освоения и выполнения равновесий в художественной гимнастике / И. А. Винер [и др.] // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2012. – № 6 (88). – С. 16-21.
3. Медведева, Е. Н. Объективные факторы, обуславливающие ценность трудности равновесий в художественной гимнастике / Е. Н. Медведева // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта.

REFERENCES

1. Bilenko, A.G. Biomechanika vertikalnoi ustoichivosti i otsenka ee v sporte : dis. ... kand. ped. nauk [Biomechanics of vertical stability and its assessment in sports: dis. ... Cand. of ped. sc.] Saint-Petersburg, 2008, 212 p.
2. Viner, I. A. [et al.] [Factors prejudicing the success of mastering and performing balances in rhythmic gymnastics]. Uchenye zapiski universiteta im. P. F. Lesgafta [Academic notes of P.F. Lesgaft University]. 2012, no. 6(88), pp. 16-21.
3. Medvedeva, E. N. [Objective factors conditioning the value of balance difficulty in rhythmic gymnastics] Uchenye zapiski universiteta im. P. F. Lesgafta [Academic notes of P.F. Lesgaft University]. 2016, no. 3(133), pp. 157-162.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Коновалова Лилия Александровна (Konovalova Liliya Aleksandrovna) – кандидат педагогических наук, доцент кафедры теории и методики гимнастики; ФГБОУ ВО «Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма»; 420010, г. Казань, ул. Деревня Универсиады, 35; e-mail: liliykonovalov@yandex.ru; ORCID: 0000-0001-8313-1257.
 Карпеева Дарья Александровна (Karpееva Darya Aleksandrovna) – студентка четвертого курса; ФГБОУ ВО «Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма»; 420010 г. Казань, ул. Деревня Универсиады, 35; e-mail: dashulka-ka@yandex.ru; ORCID: 0000-0001-6584-6726.

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Коновалова Л.А., Карпеева Д.А. Стратегии управления устойчивостью тела в сложных статических равновесиях художественной гимнастики / Л.А. Коновалова, Д.А. Карпеева // Наука и спорт: современные тенденции. – 2019. – Т. 22, № 1. – С. 139-144

FOR CITATION

Konovalova L.A., Karpееva D.A. Strategies of body stability control in complex static balances of rhythmic gymnastics. Science and sport: current trends, 2019, vol. 22, no. 1, pp. 139-144 (in Russ.)