

## ФАКТОРЫ СЛОЖНОСТИ СОХРАНЕНИЯ РАВНОВЕСИЯ С БРОСКОМ ПРЕДМЕТА В ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ГИМНАСТИКЕ

*Е.Н. МЕДВЕДЕВА, Р.Н. ТЕРЕХИНА, Е.С. КРЮЧЕК,  
Т.Ю. ДАВЫДОВА, А.Ю. ДАВЫДОВА, Т.И. КОЛЕСНИКОВА,  
НГУ им. П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург*

### **Аннотация**

*Качественное и эффективное исполнение гимнастками равновесий, в том числе с бросками предметов, делает соревновательную композицию более зрелищной и повышает ее техническую ценность. Однако на данный момент отсутствие объективного подхода к оценке сложности данных элементов затрудняет не только экспертизу технического мастерства гимнасток, но и последовательное и логичное освоение всего разнообразия равновесий. В данной статье представлены результаты исследований, позволившие конкретизировать факторы, предопределяющие сложность, и, следовательно, техническую ценность равновесий с бросками предметов в художественной гимнастике.*

**Ключевые слова:** художественная гимнастика, равновесия с броском предмета, кинематические характеристики, стабилметрия, биомеханические факторы сложности, техническая ценность.

## COMPLEXITY FACTORS OF CONSERVATION OF EQUILIBRIUM WITH A THROW OF THE OBJECT IN RHYTHMIC GYMNASTICS

*E.N. MEDVEDEVA, R.N. TEREKHINA, E.S. KRYUCHEK,  
T.Yu. DAVYDOVA, A.Yu. DAVYDOVA, T.I. KOLESNIKOVA,  
NSU named after P.F. Lesgaft, St. Petersburg*

### **Abstract**

*High-quality and effective performance of balances by gymnasts, including throwing objects, makes the competitive composition more spectacular and increases its technical value. However, at the moment, the lack of an objective approach to assessing the complexity of these elements makes it difficult not only to assess the technical skills of gymnasts, but also to consistently and logically master the entire variety of equilibria. This article presents the results of research that allowed to specify the factors that determine the complexity, and therefore the technical value of equilibria with throws of objects in rhythmic gymnastics.*

**Keywords:** rhythmic gymnastics, balance with throwing an object, kinematic characteristics, stabilometry, biomechanical complexity factors, technical value.

### **Введение**

Особенностью выполнения равновесий в художественной гимнастике является возможность применения всего разнообразия движений предметом, в том числе и бросков предметов [1]. Современные правила соревнований по художественной гимнастике предъявляют повышенные требования к качеству и сложности выполнения как отдельно равновесий, так и бросков предметов в соревновательных условиях. Особенно ценятся нестандартные броски и усложненные ловли

предметов, связанные с риском потери. При этом экспертная оценка технической ценности равновесий с бросками, включаемых в композицию, осуществляемая в соответствии с порядковой шкалой квалиметрии, позволяет лишь условно ранжировать данные элементы в соответствии с общими признаками сложности, не учитывая в полной мере специфические факторы, характерные для биомеханической системы «гимнастка – предмет» [3].

### **Методы исследования**

В процессе исследования применялся комплекс сертифицированных и синхронизированных аппаратных методик, позволяющих получить объективные биомеханические характеристики сложности сохранения равновесия с одновременным выполнением броска и ловли предмета художественной гимнастики: бесконтактное исследование видеоряда движений и поверхностная электромиография. В исследовании, проводимом в лабораторных условиях, принимали участие высококвалифицированные гимнастки (КМС – 1, МС – 4, МСМК – 1;  $n = 6$ ).

Блоки тестовых заданий на стабиллоплатформе предполагали выполнение серий двигательных заданий ( $n = 12$ ) различной направленности последовательно с одним из четырех предметов художественной гимнастики (обручем, мячом, булавами, лентой): 1) бросок и ловля во фронтальной плоскости приоритетной рукой; 2) бросок и ловля во фронтальной плоскости неприоритетной рукой; 3) бросок во фронтальной плоскости приоритетной рукой и ловля неприоритетной рукой; 4) бросок в лицевой плоскости приоритетной рукой и ловля неприори-



тетной рукой; 5) бросок в лицевой плоскости неприоритетной рукой и ловля приоритетной рукой.

Все двигательные задания выполнялись сначала в стойке на носках, затем в базовом равновесии на одной ноге, другая – на «пассе». Задания серии чередовались с интервалами отдыха 10–15 с, после выполнения блока следовал отдых 2 мин.

Фиксируемые показатели заносили в протоколы, они были подвергнуты математико-статистической обработке с помощью программы “STATGRAPHICS plus”.

### Результаты исследования и их обсуждение

В процессе исследования учитывались результаты ранее выполненных Е.Н. Медведевой исследований [2] по объективизации технической ценности равновесий в художественной гимнастике, позволяющие рассматривать гимнастку, выполняющую элементы данной структурной группы, как единую биомеханическую систему. Техническая ценность равновесий без предмета была

представлена как проекция сложности механизмов сохранения устойчивости, в основе которой лежит логическая обусловленность кинематики механизмами активации мышц.

В связи с этим на первом этапе исследования сложности равновесий с предметом изучению подверглась кинематика броска и ловли, выполняемых на стабильной платформе, поочередно правой и левой рукой разными предметами художественной гимнастики. В процессе корреляционного анализа полученных кинематических и стабилметрических показателей была выявлена степень обусловленности устойчивости равновесия различиями в физических свойствах предметов и приоритетности рабочей руки при выполнении броска и ловли.

Установлено, что степень влияния угловых характеристик на отклонение центра давления в равновесии зависит от специфики бросковых движений конкретного предмета, имеющего определенные физические характеристики (табл. 1).

Таблица 1

**Влияние межзвенных углов в суставах на среднее направление колебаний центра давления (мм) при выполнении базового равновесия в художественной гимнастике с броском предмета во фронтальной плоскости ( $r$ )**

Межзвенный угол в суставах										
Бросок										
Предмет	плечевой		локтевой		тазобедренный		коленный		голеностопный	
	правый	левый	правый	левый	правый	левый	правый	левый	правый	левый
Обруч	0,50	-0,55	-0,52	-0,01	0,55	-0,74	-0,49	0,07	0,57	0,59
Мяч	0,11	-0,12	-0,31	-0,67	0,08	-0,03	0,57	0,60	0,22	0,17
Булавы	0,13	-0,04	0,11	0,33	0,09	-0,17	0,25	0,37	0,23	0,54
Лента	0,09	-0,76	0,37	0,74	0,29	-0,77	-0,19	-0,36	-0,29	-0,32
Ловля										
Обруч	0,13	-0,27	-0,06	0,01	0,02	-0,21	-0,22	0,01	0,41	0,39
Мяч	0,15	-0,34	-0,35	-0,08	0,50	0,39	0,78	0,78	0,32	0,19
Булавы	-0,14	-0,25	-0,68	-0,78	-0,45	-0,04	-0,82	-0,81	-0,77	-0,77
Лента	0,62	-0,41	-0,81	-0,05	-0,83	-0,71	0,04	0,49	-0,56	-0,41

Так, количество значимых корреляционных взаимосвязей межзвенных углов и среднего направления колебаний было наибольшим в бросках обруча (80%), наименьшее – в булавах (10%). То есть, размер и вес предмета определял амплитуду замаха перед броском и колебательные движения при его выполнении. В ловле предметов характер взаимосвязей менялся, и большее их количество было зафиксировано в булавах (70%) и ленте (60%), меньшее – в обруче (0%).

Данный факт указывал, что увеличение амплитуды движений звеньями тела в соответствии с техникой работы с предметом в броске и ловле приводило к различной степени колебаний и, следовательно, снижению устойчивости равновесия. В броске обруч больше всего усложнял сохранение устойчивости, приводя к изменению формы равновесия и потере устойчивости, а в ловле, наоборот, такое же влияние оказывала работа с булавами.

Меньше всего амплитуда движений в броске предмета отражалась на сохранении равновесия в работе с мячом: значимая связь показателей направления колебаний была установлена только с межзвенными углами в тазобедренных и коленных суставах. Таким образом, физические свойства предмета и характер работы с ним влияли на устойчивость и предопределяли степень возможных колебаний центра давления в равновесии, приводящих к потере устойчивости. При этом подобное влияние имело большее влияние при выполнении броска-ловли неприоритетной рукой (в данном случае, левой).

Последующий корреляционный анализ (табл. 2) подтвердил, что чем больше амплитуда бросковых или амортизационных движений с предметом, тем большие тремороподобные колебания сопровождают выполняемое гимнасткой равновесие, требующие дополнительных компенсаторных действий для сохранения его устойчивости.



Таблица 2

**Влияние межзвенных углов на коэффициент кривизны перемещения центра давления (рад/мм) при выполнении базового равновесия в художественной гимнастике с броском предмета во фронтальной плоскости (r)**

Межзвенный угол в суставах										
Бросок										
Предмет	плечевой		локтевой		тазобедренный		коленный		голеностопный	
	правый	левый	правый	левый	правый	левый	правый	левый	правый	левый
Обруч	-0,78	0,36	0,86	0,22	-0,84	0,67	0,80	0,40	-0,66	-0,69
Мяч	-0,25	0,25	0,44	0,54	0,61	0,55	-0,56	-0,59	-0,37	-0,30
Булавы	-0,44	0,64	-0,36	0,91	-0,07	0,16	0,07	0,37	0,05	0,45
Лента	0,30	0,82	-0,55	-0,77	-0,68	0,44	0,29	0,37	-0,18	-0,02
Ловля										
Обруч	-0,52	0,17	0,27	-0,72	0,56	0,72	0,89	0,95	-0,03	0,22
Мяч	0,43	-0,76	-0,26	0,54	0,27	0,06	0,24	0,21	0,52	0,52
Булавы	-0,05	0,06	-0,46	-0,72	-0,96	0,65	-0,82	-0,13	0,05	-0,88
Лента	0,30	-0,88	-0,14	0,14	0,02	-0,18	-0,58	-0,59	-0,06	-0,53

Увеличению кривизны перемещения центра давления в равновесии в большей степени способствовали амплитудные движения неприоритетной рукой.

На среднюю скорость перемещения центра давления в равновесии (табл. 3) больше всего влияют бросковые

движения обручем, лентой и ловли мяча, булавы. То есть, если в броске сохранять равновесие было сложнее, придавая ускорение предметам, имеющим большие периметры и инерцию, то в ловле наоборот – принимать предметы меньшего размера – более динамичные и ускоренные.

Таблица 3

**Влияние межзвенных углов в суставах на среднюю скорость перемещения центра давления (мм/с) при выполнении базового равновесия в художественной гимнастике с броском предмета во фронтальной плоскости (r)**

Межзвенный угол в суставах										
Бросок										
Предмет	плечевой		локтевой		тазобедренный		коленный		голеностопный	
	правый	левый	правый	левый	правый	левый	правый	левый	правый	левый
Обруч	0,14	-0,89	0,06	0,09	0,05	-0,61	-0,00	0,54	0,53	0,58
Мяч	0,39	-0,45	-0,34	-0,24	0,58	0,69	-0,17	-0,16	0,30	0,44
Булавы	0,06	0,15	0,10	0,57	0,27	0,18	0,42	0,62	0,40	0,75
Лента	-0,20	-0,84	0,27	0,56	0,59	-0,63	-0,40	-0,51	0,04	-0,01
Ловля										
Обруч	-0,29	-0,28	-0,09	0,15	-0,22	0,01	-0,29	-0,11	0,35	0,48
Мяч	0,49	-0,58	-0,22	0,25	-0,02	-0,12	0,79	0,77	0,60	0,46
Булавы	0,08	-0,06	-0,76	-0,88	-0,41	0,08	-0,89	-0,92	-0,84	-0,76
Лента	0,68	-0,30	-0,60	-0,40	-0,74	-0,40	-0,20	0,44	-0,43	-0,27

При этом амплитуда движений в суставах неприоритетной руки, характерная для броска и ловли предмета, влияла в большей степени на исследуемый стабилметрический показатель. Наивысшие корреляционные показатели, близкие к функциональной связи, были зафиксированы в работе с обручем и лентой (-0,89 и -0,84 в броске), в работе с булавами (-0,88 в ловле). Учитывая, что для броска обруча и ленты характерны широкие и амплитудные движения рукой, установленные взаимосвязи

указывали на значимость высокоразвитой статокинетической устойчивости и межмышечной координации для обеспечения балансирования в равновесии.

Анализ влияния межзвенных углов в плечевых и локтевых суставах на показатели площади эллипса (табл. 4) свидетельствовал, что увеличение площади опоры чаще связано с изменением углов в бросках (47,5%), чем в ловле (37,5%), и выполнение броска неприоритетной рукой оказывает большее влияние (57,9%), чем приоритетной.



То есть, именно высокая вероятность опускания на полную стопу (что равноценно потере равновесия) в момент броска не вызывает желания гимнасток выполнять столь сложные движения предметом в равновесиях. Легче всего выполнить такие броски мячом и булавами, что и подтверждается анализом содержания соревновательных программ.

Таблица 4

**Влияние межзвенных углов в суставах на площадь эллипса ( $S_{элл.}$ , мм<sup>2</sup>) при выполнении базового равновесия в художественной гимнастике с броском предмета во фронтальной плоскости ( $r$ )**

Межзвенный угол в суставах										
Бросок										
Предмет	плечевой		локтевой		тазобедренный		коленный		голеностопный	
	правый	левый	правый	левый	правый	левый	правый	левый	правый	левый
Обруч	0,08	-0,83	0,12	0,11	0,02	-0,63	0,04	0,60	0,47	0,50
Мяч	0,50	-0,48	-0,65	-0,29	0,50	0,43	-0,17	-0,16	0,30	0,44
Булавы	0,47	-0,36	0,43	0,06	0,42	0,04	0,52	0,57	0,51	0,71
Лента	-0,10	-0,84	0,36	0,69	0,50	-0,69	-0,32	-0,45	-0,08	-0,13
Ловля										
Обруч	0,15	0,14	0,04	-0,19	-0,19	0,03	0,22	0,10	0,55	0,49
Мяч	0,51	-0,47	-0,75	-0,05	0,27	0,16	0,97	0,96	0,64	0,53
Булавы	0,87	-0,14	-0,18	0,14	0,67	0,37	0,39	0,08	0,16	0,68
Лента	0,39	-0,15	-0,51	-0,39	-0,61	-0,39	0,16	0,68	-0,22	-0,03

Учитывая, что при выполнении равновесия, являющегося самостоятельным сложнокоординационным элементом, большое значение для сохранения устойчивости имеет способность анализировать и согласовывать основные движения с сопутствующими двигательными действиями, необходимо было определить, насколько в бросках предметов акцент делается на оценке действий, перераспределяется внимание гимнастки с учетом сложности решения двигательной задачи (табл. 5).

Установленные корреляционные связи кинематических характеристик (межзвенных углов), определяющих форму выполняемого гимнасткой равновесия, с показателями оценки движений позволили установить, что степень взаимообусловленности данных факторов зависит от физических свойств предметов, и, следовательно, сложность управления и сохранения устойчивости одного и того же равновесия при выполнении броска в разных видах многоборья художественной гимнастики различна.

Таблица 5

**Влияние межзвенных углов в суставах на оценку движения при выполнении базового равновесия в художественной гимнастике с броском предмета во фронтальной плоскости ( $r$ )**

Межзвенные углы в суставах										
Бросок										
Предмет	плечевой		локтевой		тазобедренный		коленный		голеностопный	
	правый	левый	правый	левый	правый	левый	правый	левый	правый	левый
Обруч	-0,49	0,12	0,55	0,17	-0,62	0,67	0,56	0,14	-0,43	-0,35
Мяч	-0,04	0,03	0,25	0,48	0,06	0,22	-0,58	-0,61	-0,20	-0,09
Булавы	-0,23	0,25	-0,18	-0,01	0,06	0,50	-0,13	-0,11	-0,09	-0,32
Лента	-0,54	0,26	-0,30	-0,64	0,37	0,64	-0,24	-0,06	0,04	-0,01
Ловля										
Обруч	-0,29	-0,77	-0,82	0,37	-0,63	-0,44	0,11	0,25	0,88	0,97
Мяч	0,73	-0,65	0,05	0,61	-0,70	-0,76	0,42	0,39	0,72	0,64
Булавы	0,62	0,59	0,17	0,17	0,36	0,33	0,28	0,17	0,22	0,42
Лента	-0,51	0,36	0,85	-0,12	0,82	0,81	-0,24	-0,54	0,57	0,39



Так, в броске и ловле предметов более всего была необходима концентрация внимания и оценка движений при осуществлении движений с обручем (50% возможных значимых связей), мячом (50% возможных значимых связей). При этом установлено, что в целом для всех предметов большая оценка движений требовалось при ловле (50% возможных значимых связей), чем в броске (30% возможных значимых связей).

Наивысшее влияние угловых характеристик формы равновесия и движений руками на оценку движений зафиксировано при выполнении ловли обруча ( $r = -0,82$  в правом локтевом суставе;  $r = 0,88-0,97$  в голеностопных суставах) и ленты ( $r = 0,85$  в правом локтевом суставе;  $r = 0,81-0,82$  в тазобедренных суставах). То есть, чем больше осуществлялась ловля обруча выпрямленной в локтевом суставе рукой и чем выше при этом на носках стояла в равновесии гимнастка, тем значимее была оценка движений. И наоборот, чем меньше гимнастка сгибала руку и приседала, выполняя ловлю ленты, тем меньше требовалась оценка движений. И в первом, и во втором случае техника равновесий с ловлей предмета соответствует требованиям правил соревнований, но сложность ее реализации различна из-за разницы в физических свойствах и механике предметов.

Данный факт свидетельствовал, что свойства предмета и предопределяющие угловые характеристики техники броска влияют на степень оценки гимнасткой движений при сохранении равновесия, а следовательно, на перераспределение внимания, определяя точность, надежность и качество их выполнения.

Проведя подобный анализ показателей кинематики и стабилотрии базового равновесия «пассе» с броском предмета в лицевой плоскости, было установлено, что в целом сохраняются те же корреляционные связи (в 95% случаев), подтверждающие влияние факторов «амплитуда движений» и «приоритетность руки» на сложность сохранения устойчивости. Однако изменение плоскости выполнения броска предметов приводит к достоверно значимому повышению показателей стабилотрии. Наиболее сложно было выполнять бросок ленты, требующей большого замаха в одной плоскости с телом гимнастки, что приводило к значительным колебаниям, увеличению площади эллипса и повышению оценки движений тела. Проще говоря – бросок и ловлю мяча, с которым легче, чем с остальными предметами в связи с наличием формы (шара), – можно учитывать любую плоскость движений.

### Выводы

В процессе проведенного исследования было установлено, что основными биомеханическим факторами сложности выполнения равновесий в художественной гимнастике с броском предмета являются:

- амплитуда движений предметом, обусловленная физическими характеристиками предмета (периметр, длина или обхват, а также вес и форма предмета);
- степень неприоритетности рабочей руки, выполняющей бросок или ловлю (автоматизации и типизации навыков);
- направление и плоскость броска или ловли предмета.

Таким образом, классифицируя равновесия с бросками по сложности их сохранения с учетом вышеперечисленных факторов, можно не только объективизировать процесс экспертизы технической ценности, но и оптимизировать процесс освоения элементов данной структурной группы с предметом.

### Литература

1. Винер, И.А. Факторы, предопределяющие успешность освоения и выполнения равновесий в художественной гимнастике / И.А. Винер, Е.Н. Медведева, А.А. Супрун, Ю.В. Розыченкова, Е.А. Пирожкова // Ученые записки университета им. П.Ф.Лесгафта. – 2012. – № 6 (88). – С. 16–21.
2. Медведева, Е.Н. Объективные факторы, обуславливающие ценность трудности равновесий в художественной гимнастике / Е.Н. Медведева // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2016. – № 3 (133). – С. 157–161.
3. Обоснование подхода к определению сложности элементов художественной гимнастики и их технической ценности / Р.Н. Терехина, Е.Н. Медведева, А.А. Супрун, А.С. Мальнева, Н.И. Кузьмина // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2015. – № 3 (121). – С. 146–149.

### References

1. Viner, I.A., Medvedeva, E.N., Suprun, A.A., Rozychenkova, Yu.V. and Pirozhkova, E.A. (2012), "Factors determining the success of mastering and performing equilibria in rhythmic gymnastics", *Ucheniye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*, vol. 88, no. 6, pp. 16–21.
2. Medvedeva, E.N. (2016), "Objective factors determining the value of the difficulty of equilibria in rhythmic gymnastics", *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*, vol. 133, no. 3, pp. 157–161.
3. Terekhina, R.N., Medvedeva, E.N., Suprun, A.A., Malneva, A.S. and Kuzmina, N.I. (2015), "Justification of the approach to the definition of elements of rhythmic gymnastics and their technical value", *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*, vol. 121, no. 3, pp. 146–149.

