

# Биомеханическая характеристика статодинамической устойчивости спортсменов высокой квалификации (на материале спортивной гимнастики)

Юрий Литвиненко<sup>1</sup>, Ежи Садовски<sup>2</sup>, Томаш Нижниковски<sup>2</sup>, Виктор Болобан<sup>1</sup>

## АННОТАЦИЯ

**Цель.** Оценка индивидуальных способов регуляции позы гимнастов высокой квалификации при решении задач на устойчивость тела в двигательных тестах.

**Методы.** Измерения проведены на стабилографической платформе Kistler; двигательные тесты: стойка на руках, проба Бирук, проба Ромберга, экспертная оценка, статистика.

**Результаты.** При решении задач на устойчивость тела в двигательных тестах гимнастами высокой квалификации установлены индивидуальные способы микроколебаний звеньев тела и макроколебаний в сагиттальной и фронтальной плоскостях; зарегистрирована симметрия и асимметрия регуляции позы тела, показатели расходования энергии. Качество регуляции позы при выполнении двигательных тестов было детерминировано сложными условиями положения тела на опоре, ограниченной зрительной ориентацией, соответствием теста специфике вида спорта.

**Заключения.** Способ микроколебаний при решении задач на устойчивость тела в двигательных тестах гимнастами высокой квалификации является стратегически наиболее важным для эффективного развития и управления системой регуляции позы спортсмена.

**Ключевые слова:** гимнасты, устойчивость тела, микроколебания, макроколебания, регуляция позы.

## ABSTRACT

**Objective.** Evaluation of individual means for regulation of posture of highly skilled gymnasts while solving the tasks of body stability in motor tests.

**Methods.** Kistler's stabilographic platform was used for measurements; motor tests: handstand, Romberg test, Biriuk test, expert estimation, statistics.

**Results.** While solving the tasks of body stability in motor tests individual ways of micro vibrations of body chains and macro vibrations in sagittal and frontal planes have been revealed; symmetry and asymmetry of body posture regulation, indices of energy expenditure have been registered. The quality of posture regulation during motor test performance was determined by complex conditions of body position in support, restricted visual orientation, test correspondence to sports event specifics.

**Conclusion.** The way of micro vibrations during solution of body stability tasks in motor tests by highly skilled gymnasts is the most strategically important for efficient development and management of the system of athlete posture regulation.

**Key words:** gymnasts, body stability, micro vibrations, macro vibrations, posture regulation.

## Введение

В видах спорта со сложной координационной структурой движений, особенно в спортивных видах гимнастики, очень важно соблюдение принципов выполнения композиций, в которых сочетание технически правильно выполненных упражнений статического и динамического характера представляет одно из наиболее важных правил достижения зрелищности и спортивного мастерства [1, 3, 7, 13, 16, 19, 22, 24]. Логично подобранные упражнения статического и динамического характера, технически правильно выстроенные связки упражнений, при их демонстрации на соревнованиях, зависят от того, насколько сформированы умения и навыки выполнения поз тела, положений тела и их мультипликаций в упражнении, в связках упражнений, в структуре целой соревновательной композиции упражнений [1, 3, 7, 13]. В современных условиях возрастают требования к технике двигательных действий, реализуемой в сложных условиях статодинамической устойчивости тела спортсмена, который должен одинаково эффективно выполнить упражнение как на опоре, так и в безопорном положении, демонстрировать совершенную регуляцию поз тела и положений тела в простых и трудных упражнениях.

Требования к спортсменам эффективно строить композиции упражнений предъявляет ФИЖ [1, 3, 7, 13]. В этой связи исследования статической и динамической устойчивости тела спортсмена представляют методическую и практическую необходимость. Например, при выполнении упражнений статического характера атлет должен так запрограммировать фиксацию гимнастического равновесия, чтобы устойчивость протекала с минимальными амплитудой колебаний тела и расходом энергии [3, 6, 12, 18, 23–25]. Это позволит максимально эффективно выполнить программу движений, до минимума снизить возможные вынужденные двигательные перестройки, не накапливать технические ошибки в комбинации упражнений. Многие авторы [3–5, 7, 12, 19, 23] обращают внимание на необходимость развития «школы» движений, выбора индивидуального способа регуляции

позы тела, формирования индивидуального стиля спортивной техники в сложных условиях статодинамической устойчивости тела, утверждая, что от этого зависит стабильность и надежность выполняемого спортивного упражнения.

## Цель, задачи и методы исследования.

Цель исследования – оценка индивидуальных способов регуляции позы гимнастов высокой квалификации при решении задач на устойчивость тела в двигательных тестах. Для ее реализации необходимо было ответить на такие вопросы:

1. Зависит ли эффективность статодинамической устойчивости тела квалифицированных и высококвалифицированных гимнастов от специфики выполняемых двигательных тестов, способов регуляции позы и уровня спортивного мастерства (МС и МСМК)?

2. Отражают ли показатели расходования энергии гимнастов высокой квалификации при решении задач на устойчивость тела в двигательных тестах какие-либо способы регуляции позы тела, а также уровень спортивного мастерства?

Для решения задач на устойчивость тела в двигательных тестах применяли:

- тест 1 – проба стойка на руках (руки расположены на расстоянии ширины плеч), фиксировать 10 с [3,4,14,19,24];

- тест 2 – проба Бирук – сомкнутая стойка на высоких полупальцах, руки вверх, глаза закрыты, фиксировать 20 с [3–5,14].

- тест 3 – проба Ромберга сложная – вертикальная стойка, ноги расположены по линии, по схеме пятка–носок, руки вперед, пальцы разведены, фиксировать 20 с (10 с с открытыми глазами и 10 с с закрытыми глазами),  $r_{\text{ц}}$  – от 0,610 – до 0,930 [3–5,6,14].

Измерения проводили на платформе Kistler (Тип 2812A1-3): регистрировали перемещения центра давления стоп на опору – COP (center of pressure) и движения общего центра массы тела – COM (center of mass) в функции времени. Анализировали перемещения COP в процессе выполнения двигательных тестов в двух плоскостях:  $F_y(N)$  – сагиттальной и  $F_x(N)$  – фронтальной. Оценке

подлежали форма и размер поля опорной поверхности, по которой перемещается COP и строит годограф стабิโลграммы ( $Avs_x$  и  $Avs_y$ , mm) – показатель, в достаточной степени объективно свидетельствующий о качестве регуляции позы тела в плоскостях  $F_y$  (N),  $F_x$  (N), и движения общего центра давления конечностей на опору  $F_z$  (N); скорости ( $m \cdot c^{-1}$ ), ускорения ( $m \cdot c^{-2}$ ) COP; работа COM (J):  $W_y$  (J) и  $W_x$  (J); время фиксации равновесия тела (с).

В исследовании приняли участие занимающиеся спортивной гимнастикой ( $n = 9$ , из которых три – МСМК и шесть – МС): рост  $170,0 \pm 4,0$  см; масса тела  $72,4 \pm 3,6$  кг; возраст  $20,4 \pm 1,7$  года. Техническое исполнение и способы регуляции позы при решении двигательных задач на устойчивость тела в равновесии при выполнении тестов оценивали пять экспертов с использованием видеокамеры. Заключение экспертов были вербальными.

Работа выполнена в соответствии со Сводным планом НИР в сфере физической культуры и спорта Украины на 2011–2015 гг. в рамках темы 2.15 «Управление статодинамической устойчивостью тела спортсмена и системы тел в видах спорта со сложной координационной структурой движений» и государственной темы «Техническая подготовка квалифицированных спортсменов на основе моделирования рациональной двигательной структуры спортивных упражнений».

**Результаты исследования.** Тест 1 – проба стойка на руках (стабิโลграфические исследования). Оценки экспертов подтверждают тот факт, что у испытуемых сформирован прочный специфичный двигательный навык фиксации перевернутой вертикальной позы тела. Показатели статодинамической устойчивости тела гимнастов можно характеризовать как ярко индивидуальные с достаточно высоким уровнем специальной технической подготовленности и сенсомоторной координации. Вместе с тем, детальный анализ полученных стабิโลграмм показал, что отдельные испытуемые МС осуществляют регуляцию позы тела в стойке на руках с техническими ошибками, которые эксперты классифицируют как способы микроколебаний в плечевых, локтевых и тазобедренных суставах. Зарегистрированы отдельные движения головой назад и вперед, отчетливые сгибания–разгибания пальцев рук на опоре, которые гимнасты используют для сохранения устойчивости тела

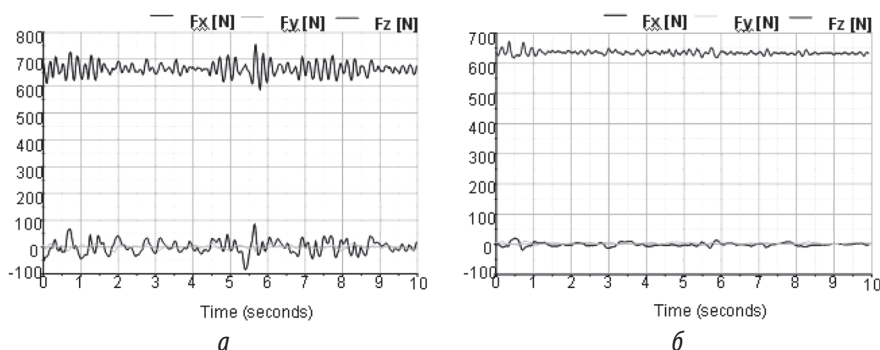


Рисунок 1 – Сила давления рук на опору  $F_z$  (N); стабิโลграммы, характеризующие устойчивость тела спортсменов:  $F_y$  (N) – сагиттальная плоскость,  $F_x$ (N) – фронтальная плоскость. Примечание: а) гимнаст И. Б. – МС; б) гимнаст А. К. – МСМК

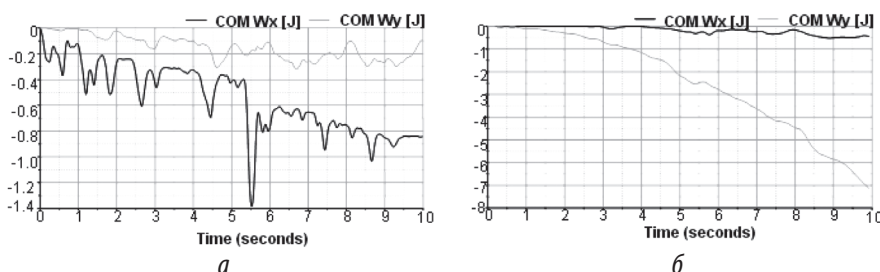


РИСУНОК 2 – Расходование энергии при выполнении гимнастами теста 1;  $COM W_y$ J – сагиттальная плоскость,  $COM W_x$ J – фронтальная плоскость

в стойке на руках. На рисунке 1 представлены стабิโลграммы COP (N) выполнения стойки на руках. Средние показатели COP (N) испытуемого И. Б. имеют следующие значения:  $F_x - (-0,18 \pm 24,68$  N),  $F_y - 0,26 \pm 6,05$  N,  $F_z - 663,66 \pm 23,56$  N. Для поддержания устойчивости в стойке на руках он использует макродвижения в плечевых суставах. На графиках наблюдаются значительные флуктуации, большие (нередко случайные) разбросы показателей регуляции позы в плоскости  $F_x$ , а также крайне активные движения общего центра давления конечностей на опору при решении задачи на устойчивость тела в равновесии ( $F_z$ ).

Средние показатели COP (N) гимнаста А. К. при выполнении стойки на руках имеют такие данные:  $F_x - (-0,77 \pm 5,69$  N),  $F_y - 3,08 \pm 2,13$  N,  $F_z - 634,40 \pm 6,61$  N. Стабิโลграммы испытуемого свидетельствуют о высоком исполнительском мастерстве, которое он демонстрирует в процессе регуляции позы тела при решении двигательной задачи – стабильно фиксировать стойку на руках 10 с. Для поддержания прямого биомеханически рационально устойчивого положения тела он осуществляет едва заметные микродвижения в лучезапястных, локтевых и плечевых суставах, расположенных ближе к опоре. Это позволило спортсмену А.К.

микроколебаниями всего тела эффективно справляться с двигательной задачей.

На рисунке 1 отражены минимальные значения стабิโลграмм  $F_y$  (N),  $F_x$  (N),  $F_z$  (N) при показанном максимально высоком спортивном результате – фиксации стойки на руках в соответствии с канонами спортивной техники.

Средние показатели расходования энергии COM (J) у спортсменов равны соответственно: а) И. Б. –  $W_x - (-0,55 \pm 0,26$  J),  $W_y - (-0,15 \pm 0,09$  J); б) А. К. –  $W_x - (-0,17 \pm 0,17$  J),  $W_y - (-2,43 \pm 2,11$  J) (рис. 2).

Приведенные цифры, на первый взгляд, кажутся не логичными – гимнаст И.Б. осуществлял регуляцию позы в процессе решения задачи на устойчивость тела в стойке на руках с техническими ошибками, а расходовал энергии меньше, чем это зарегистрировано у испытуемого А. К., который в эксперименте продемонстрировал стабильность фиксации стойки на руках, характеризующую высокий уровень спортивно-технического мастерства. Средние значения расходования энергии у А. К. были значительно выше, чем у И. Б., особенно в сагиттальной плоскости (рис. 2, б). Гимнаст А. К. избрал способ микродвижениями одновременно управлять регуляцией позы тела в стойке на руках в двух плоскостях ( $F_x$  и  $F_y$ ). В то же время

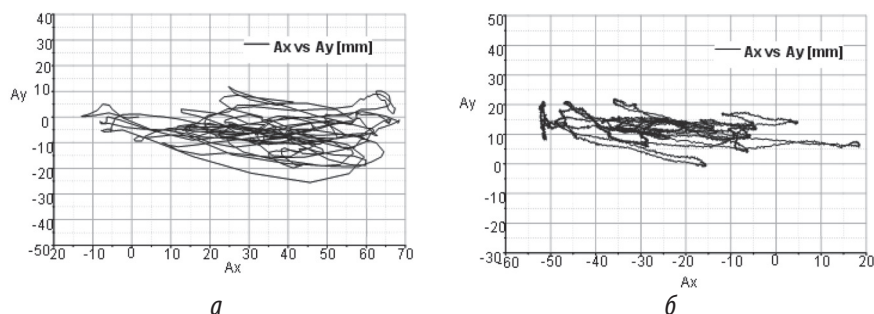


Рисунок 3 – Годограф стабиллограммы  $A_y$ ,  $A_x$  (мм) при выполнении теста 1;  $A_y$  – сагиттальная плоскость,  $A_x$  – фронтальная плоскость

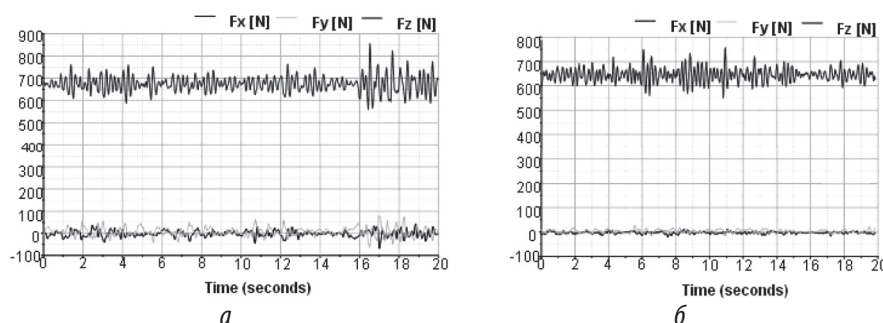


Рисунок 4 – Сила давления стоп на опору ( $F_z$ ) при выполнении гимнастами теста 2;  $F_y(N)$  – сагиттальная плоскость,  $F_x(N)$  – фронтальная плоскость

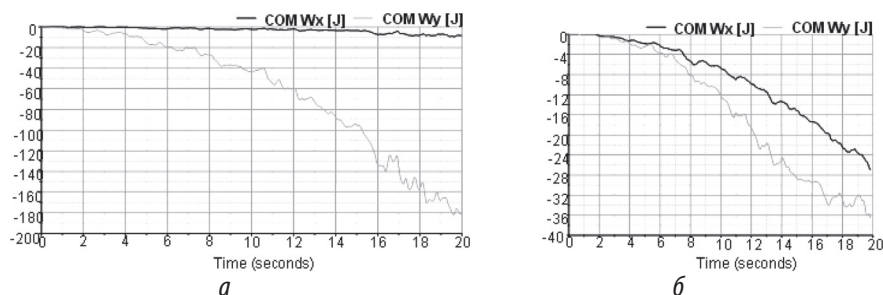


РИСУНОК 5 – Расходование энергии при выполнении теста 2;  $COM W_yJ$  – сагиттальная плоскость,  $COM W_xJ$  – фронтальная плоскость

экономичное расходование энергии гимнастом И.Б. в процессе регуляции позы тела в стойке на руках является эффектом нарушения техники выполнения упражнения (во время фиксации стойки зарегистрировано значительное изменение углов в плечевых суставах). Аналогичные результаты зарегистрированы еще у двух гимнастов – МС.

Зарегистрированные индивидуальные годографы стабиллограмм при решении двигательных задач на устойчивость тела в стойке на руках отличаются формой и размером поля опорной поверхности, зависят от способа регуляции позы при выполнении двигательного теста. Для гимнаста И. Б. характерно объемное поле регуляции позы тела с правосторонними акцентированными коррекциями звеньев тела (макроколеба-

ниями). Подтверждают это минимальные и максимальные показатели  $A_x$  vs  $A_y$  (mm), находящиеся в пределах  $-25,56 \div 11,82$  (рис. 3 а). В то же время испытуемый А. К. имеет меньшее поле опорной поверхности, на которой строит свою тактику регуляции позы; устойчивость сохраняется в условном центральном секторе с акцентированными левосторонними коррекциями звеньев тела. Полученные показатели имеют следующие значения  $-1,13 \div 21,94$  (рис. 3, б).

В ходе анализа результатов регуляции позы тела при решении задач на устойчивость тела в стойке на носках (тест 2 – проба Бирюк) получены два индивидуальных способа. Макроколебания (зарегистрированы у пяти МС и одного МСМК) и микроколебания (один МС и два МСМК) тела. Проведя оценку

полученных результатов, мы отметили факт дискоординации вертикальной позы тела у большинства испытуемых в связи с неспецифичностью предложенного теста – стойка на высоких полупальцах. Об этом свидетельствуют значительные различия между минимальными и максимальными показателями  $COP$  (N), взятыми у двух испытуемых. У гимнаста И. Б. (рис. 4, а) зарегистрированы такие показатели:  $F_x - (-68,56 \text{ N}) \pm 42,41 \text{ N}$ ,  $F_y - (-65,89) \div 79,34 \text{ N}$ ,  $F_z - 558,74 \pm 856,37 \text{ N}$ ; средние значения:  $F_x - (-1,64 \pm 14,11 \text{ N}$ ,  $F_y - 7,86 \pm 20,18 \text{ N}$ ), у А. К. получены следующие данные:  $F_x - (-20,72 \text{ N}) \div 12,05 \text{ N}$ ,  $F_y - (-16,44) \div 28,65 \text{ N}$ ,  $F_z - 550,13 \div 756,53 \text{ N}$ ; средние значения:  $F_x - (-3,00 \pm 4,47 \text{ N}$ ,  $F_y - 3,49 \pm 6,36 \text{ N}$ ) (рис. 4, а).

При выполнении данной пробы средние значения расходования энергии  $COP$  (J) в процессе регуляции позы тела у И. Б. равны:  $W_x - (-3,04 \pm 2,62 \text{ J})$ ,  $W_y - (-61,54 \pm 55,90 \text{ J})$ , в то же время у А. К. они составляют:  $W_x - (-8,98 \pm 7,91 \text{ J})$ ,  $W_y - (-14,93 \pm 12,46 \text{ J})$  (рис. 5).

При выполнении теста 2 испытуемому И.Б. понадобилось приложить много усилий, расходовать много энергии, чтобы сохранить равновесие тела – особенно в сагиттальной плоскости (рис. 5, а). Это обусловлено тем, что он находится высоко на пальцах стоп, высоко поднят ОЦМ тела, уменьшена площадь опоры, что и привело к значительной дискоординации позы тела.

Испытуемый А.К. – победитель Кубка мира в упражнениях на параллельных брусьях – в процессе выполнения теста 2 осуществляет регуляцию позы тела одновременно в двух плоскостях (сагиттальной и фронтальной) способом микроколебаний в голеностопных и тазобедренных суставах. Расходование энергии в три–пять раз меньше, чем у большинства гимнастов, которые приняли участие в эксперименте (рис. 5, б).

Подобные результаты исследований зарегистрированы и при выполнении теста 3 – проба Ромберга сложная. Вертикальное положение тела испытуемого, расположенные в линию стопы по схеме «пятка–носок», фиксация равновесия с открытыми (10 с) и закрытыми глазами (10 с) вызывают значительные колебания тела во фронтальной плоскости, поэтому испытуемые расходуют значительное количество энергии. В этой связи, а также с определенной специфичностью предложенного гимнастам теста способ микродвижений зарегистрирован лишь у одного испытуемого – А. К.

Результаты исследования статодинамической устойчивости гимнастов высокой квалификации при выполнении трех разных по положению тела и способам регуляции позы тела тестов объединяют показатели, характеризующие уровень формирования двигательного навыка сохранения устойчивости тела и уровень физической подготовленности испытуемых, на основе которых строят стратегию и тактику статодинамической устойчивости. Многие авторы [3, 8, 9, 11, 15, 17, 21, 22, 24] в фундаментальных и прикладных исследованиях раскрыли теоретическую основу и направления исследований системы статодинамической устойчивости тела человека. При реализации программы спортивных упражнений, исполняющихся в сложных условиях статодинамической устойчивости тела, возникают новые нерешенные задачи [1, 2, 4, 5, 7, 12–14, 16, 19, 20, 24].

Эффективные результаты игровой деятельности спортсменов, занимающихся определенными видами спорта, достигаются благодаря приобретенному высокому уровню физической подготовленности, совершенной координации статодинамической устойчивости тела. Футболисту Диего Марадоне расположенный низко общий центр тяжести тела, а также высокий уровень физической подготовленности давали возможность сохранять статодинамическую устойчивость тела в разных условиях игровой деятельности. Специалисты считают контролируемую смену положений тела в игровых ситуациях одним из критериев спортивно-технического мастерства этого прославленного спортсмена.

Специфика олимпийского и профессионального спорта диктует необходимость разработки актуальной стратегии и тактики дальнейшего совершенствования мышечной системы опорно-двигательного аппара-

та спортсмена, создания мышечного корсета поясничного отдела позвоночника, основная задача которого – удержание позвоночника в вертикальном положении (метод укрепления мышечного корсета позвоночника), чтобы эффективно решать технико-тактические задачи, не допускать травм во время острых двигательных взаимодействий с соперником, координировать движения в пространстве и во времени, а также в сложных условиях статодинамической устойчивости тела [1, 2, 10, 15–17, 20, 22, 25, 26]. Атлету необходимо контролировать правильное положение позвоночника, совершенствовать «рабочие» позы и динамическую осанку [1, 3, 5, 7, 12, 13, 22], достигая высокого уровня спортивно-технического мастерства.

В последние годы в мире спортивной науки и практики для управляемого развития и совершенствования мышечной системы спортсмена успешно разрабатываются и реализуются методики, методы, локальные программы упражнений, видеоматериалы с использованием технических средств, таких, как фитболы, SportKat, степ-платформы, Body-Balance (упражнения на подвижных платформах), полусферы BOSU Balance Training и другие системы. Занимающиеся имеют возможность прорабатывать не только поверхностную мускулатуру тела, но и мышцы, залегающие глубоко, выполняя различные по структуре упражнения, такие как скручивания и наклоны туловища, прогибания тела с опорой на мяч. Установлена возможность всестороннего развития нервно-мышечной системы позвоночника как основы ловкостных, скоростно-силовых, балансово-устойчивых, координированных двигательных действий спортсмена.

**Выводы.** В результате проведенного исследования регуляции позы при решении задач на устойчивость тела в двигательных тестах равновесного характера гимнастами,

имеющими квалификацию МС и МСМК, установлены индивидуальные способы микроколебаний звеньев тела и макроколебаний в сагиттальной и фронтальной плоскостях; зарегистрированы симметрия и асимметрия движений, различные показатели расходования энергии. Качество регуляции позы при выполнении двигательных тестов было детерминировано условиями опоры, положением тела, ограниченной зрительной ориентацией, индивидуальным уровнем спортивно-технического мастерства. В тесте 1 – стойка на руках испытуемые демонстрировали сформированный двигательный навык сохранения равновесия тела в положении тела вниз головой. Часть испытуемых осуществляла регуляцию позы тела микроколебаниями в плечевых и тазобедренных суставах. Равновесие тела при выполнении теста было стабильным. Показатели COP в сагиттальной плоскости составили  $0,26 \div 4,75$  N, во фронтальной –  $8,64 \div 0,8$  N. Это свидетельствует о высоком уровне сенсомоторной координации, что подтверждают показатели экономного расходования энергии:  $COM W_y = 0,15 \div 2,43$  J,  $COM W_x = 0,17 \div 2,12$  J.

Структура COP и COM при выполнении испытуемыми гимнастами теста 2 – проба Бирюк и теста 3 – проба Ромберга сложная характеризуется показателями большой амплитуды колебаний тела и значительным расходом энергии. Следует указать и на резервы совершенствования статодинамической устойчивости, которые кроются в таких элементах координационной тренировки, как развитие «школы» движений на всех этапах спортивной подготовки, формирование двигательного навыка длительного удержания равновесия тела, совершенствование специальной физической и технической подготовленности, а также повышение вестибулярной устойчивости и чувствительности спортсменов.

## ■ Литература

1. Аркаев Л. Я. Как готовить чемпионов / Л. Я. Аркаев, Н. Г. Сучилин. – М.: Физкультура и спорт, 2004. – 328 с.
2. Безноско Н. Н. Способы управления мышечной активностью при сохранении положения тела в заданиях разной степени трудности и рациональности : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. пед. наук: 13.00.04 / Н. Н. Безноско. – М., 2002. – 23 с.
3. Болобан В. Н. Регуляция позы тела спортсмена: монография / В. Н. Болобан. – К.: НУФВСУ, изд-во «Олимп. лит.», 2013. – 232 с.
4. Болобан В. Н. Контроль устойчивости равновесия тела спортсмена методом стабиллографии / В. Н. Болобан, Т. Е. Мистулова // Физическое воспитание студентов творческих специальностей: сб. науч. тр., под ред. проф. С. С. Ермакова. – Х.: ХГАДИ, 2003. – № 2. – С. 24–33.

## ■ References:

1. Arkayev L. Y. How to prepare champions / L. Y. Arkayev, N. G. Suchilin. – Moscow: Fizkultura i sport, 2004. – 328 p.
2. Beznosko N. N. Ways of managing muscular activity during body posture maintenance in tasks of different degree of complexity and rationality: author's abstract for Ph.D. in Pedagogics: 13.00.04 / N. N. Beznosko. – Moscow, 2002. – 23 p.
3. Boloban V. N. Regulation of athlete body posture: monograph / V. N. Boloban. – Kiev: NUPESU, «Olimpiyskaya literature» Publishing House, 2013. – 232 p.
4. Boloban V. N. Control for athlete body equilibrium by stabilography method / V. N. Boloban, T. E. Mistulova // Physical education of students of creative specialities. Collection of research papers / ed. by professor S. S. Yermakov. – Kharkov: KSADI, 2003. – N 2. – P. 24–33.

5. Болобан В. Системная стабилотрофия: методология и методы измерения, анализа и оценки статодинамической устойчивости тела спортсмена и системы тел / В. Болобан, Ю. Литвиненко, Т. Низниковски // Наука в олимп. спорте. — 2012. — № 1. — С. 27–35.
6. Бретц К. Устойчивость равновесия тела человека: автореф. дис. на соискание учен. степени доктора пед. наук / К. Бретц. — Киев, 1997. — 41 с.
7. Гавердовский Ю. К. Совершенствование техники движений и специальной технической подготовки как основа высших достижений в современной спортивной гимнастике / Ю. К. Гавердовский // Наука в олимп. спорте. — 2012. — № 1. — С. 7–26.
8. Гурфинкель В. С. Стабилизация положения тела — основная задача позы регуляции / В. С. Гурфинкель, М. И. Липшиц, С. Мори, К. Е. Попов // Физиология человека, 1981. — Т. 7, № 3. — С. 400–410.
9. Гурфинкель В. С. Мышечная рецепция и обобщенное описание положения тела / В. С. Гурфинкель, Ю. С. Левик // Физиология человека, 1999. — Т. 25, № 1. — С. 87–97.
10. Литвиненко Ю. В. Современные оптико-электронные системы регистрации и анализа двигательных действий спортсмена: метод. рекоменд. / Ю. В. Литвиненко. — Киев: Экспресс, 2012. — 52 с.
11. Магнус Р. Установка тела / Р. Магнус. — М.; Л., 1962. — 624 с.
12. Садовски Е. Регуляция позы юных спортсменов при решении двигательных задач на устойчивость тела в равновесии / Е. Садовски, В. Болобан, Т. Низниковски, А. Масталерц // Теория и практика физ. культуры, 2011. — № 8. — С. 37–42.
13. Сучилин Н. Г. Техническая структура гимнастических упражнений / Н. Г. Сучилин // Гимнастика. Теория и практика. — М.: Сов. спорт, 2010. — Вып. 1. — С. 5–19.
14. Boloban V. Systemic stabilography: methodology of measuring, estimating and controlling sportsman body balance and the system of bodies / V. Boloban // Coordination motor abilities in scientific research. — Biala Podlaska, 2005. — P. 102–109.
15. Hoffman Jay R. NSCA's Guide to Program Design / Jay R. Hoffman // Human Kinetics, 2012. — 226 p.
16. Hrysomallis C. Relationship between statics and dynamic balance test among elite Australian footballers / C. Hrysomallis, P. McLaughlin, C. Goodman // J. Sci. Med. Sport. — 2006. — Aug; 9(4): 288 – 291.
17. Hrysomallis C. Relationship between Balance Ability, Training and Sports Injury Risk / C. Hrysomallis // Sports Med. — 2007. — 37 (6). — P. 547 – 556.
18. Mistulova T. Children's body stability when solving equilibrium tasks / T. Mistulova, K. Bretz, V. Boloban // Physical education and sport of children and youth. — Bratislava, 1995. — P. 196–199.
19. Mistulova T. Statodynamic stability of athlete's body and body system / T. Mistulova, V. Boloban // XIV Symposium on biomechanics in sports. — Madera, Portugal, 1996. — P. 314–316.
20. Myer G. D. The effect of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics / G. D. Myer // Am J. Sports Med. — 2006 Mar. — 34 (3). — P. 445–455.
21. Romberg M. Nervenkrankheiten des Menschen / M. Romberg. — Berlin, 1840. — 142 p.
22. Sarabon N. Balance and Stability Training / N. Sarabon // NSCA's Guide to Program Design / ed. R. Jay. — Hoffman: Human Kinetics, 2012. — P. 185–212.
23. Sadowski J. Equilibrium regulation by youth acrobats during selected exercises execution / J. Sadowski, V. Boloban, W. Wiśniowski et al. // 4th International Scientific Conference on kinesiology. "Science and Profession — Challenge for the Future". Zagreb, Croatia, 2005. — P. 839–841.
24. Sadowski J. Center of Pressure and Center of Mass Estimation during Athletes' Equilibrium Regulation / J. Sadowski, W. Boloban, T. Niznikowski et al. // Research Yearbook, 2006. — Vol. 12, N 1. — P. 80–84.
25. Sadowski J. Skuteczność regulacji równowagi ciała gimnastyków pod czas wykonania testów motorycznych / J. Sadowski, V. Boloban, W. Wiśniowski et al. // Kierunki doskonalenia treningu i walki sportowej-diagnostyka. — Warszawa: AWF, 2007. — Vol. 4. — S. 100–104.
26. Sobera M. Badania stabilograficzne w testach motorycznych / M. Sobera, P. Piestrak, K. Sojka — Krawiec // Wybrane zagadnienia biomechaniki sportu. — Warszawa: AWF, 2001. — S. 143–150.
5. Boloban V. System stabilography: methodology and methods of measurement, analysis and estimation of static-dynamic stability of athlete body and system of bodies / V. Boloban, Y. Litvinenko, T. Niznikowski // Nauka v olimpijskom sporte. — 2012. — N 1. — P. 27–35.
6. Bretz K. Human body equilibrium: author's abstract for Doctoral degree in Pedagogics / K. Bretz. — Kiev, 1997. — 41 p.
7. Gaverdovsky Y. K. Improvement of motion techniques and special technical preparation as the basis of the highest achievements in modern artistic gymnastics / Y. K. Gaverdovsky // Nauka v olimpijskom sporte. — 2012. — N 1. — P. 7–26.
8. Gurfinkel V. S. Body posture stabilization — the main task of posture regulation / V. S. Gurfinkel, M. I. Lipshits, S. Mory, K. E. Popov // Human physiology, 1981. — Vol. 7, N 3. — P. 400–410.
9. Gurfinkel V. S. Muscular reception and generalized description of body position / V. S. Gurfinkel, Y. S. Levik // Human physiology, 1999. — Vol. 25, N 1. — P. 87–97.
10. Litvinenko Y. V. Modern optico-electronic systems of registration and analysis of athlete motor actions: methodical recommendations / Y. V. Litvinenko. — Kiev: Ekspres, 2012. — 52 p.
11. Magnus R. Body fixing / R. Magnus. — Moscow; L., 1962. — 624 p.
12. Sadowski J. Posture regulation of young athletes while solving motor tasks for body stability in equilibrium / J. Sadowski, V. Boloban, T. Niznikowski, A. Mastalerz // Teoria i praktyka fizykultury, 2011. — N 8. — P. 37–42.
13. Suchilin N. G. Technical structure of gymnastic exercises / N. G. Suchilin // Gymnastics. Theory and practice. — Moscow: Sov. sport, 2010. — Iss. 1. — P. 5–19.
14. Boloban V. Systemic stabilography: methodology of measuring, estimating and controlling sportsman body balance and the system of bodies / V. Boloban // Coordination motor abilities in scientific research. — Biala Podlaska, 2005. — P. 102–109.
15. Hoffman Jay R. NSCA's Guide to Program Design / Jay R. Hoffman // Human Kinetics, 2012. — 226 p.
16. Hrysomallis C. Relationship between statics and dynamic balance test among elite Australian footballers / C. Hrysomallis, P. McLaughlin, C. Goodman // J. Sci. Med. Sport. — 2006. — Aug; 9(4): 288 – 291.
17. Hrysomallis C. Relationship between Balance Ability, Training and Sports Injury Risk / C. Hrysomallis // Sports Med. — 2007. — 37 (6). — P. 547 – 556.
18. Mistulova T. Children's body stability when solving equilibrium tasks / T. Mistulova, K. Bretz, V. Boloban // Physical education and sport of children and youth. — Bratislava, 1995. — P. 196–199.
19. Mistulova T. Statodynamic stability of athlete's body and body system / T. Mistulova, V. Boloban // XIV Symposium on biomechanics in sports. — Madera, Portugal, 1996. — P. 314–316.
20. Myer G. D. The effect of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics / G. D. Myer // Am J. Sports Med. — 2006 Mar. — 34 (3). — P. 445–455.
21. Romberg M. Nervenkrankheiten des Menschen / M. Romberg. — Berlin, 1840. — 142 p.
22. Sarabon N. Balance and Stability Training / N. Sarabon // NSCA's Guide to Program Design / ed. R. Jay. — Hoffman: Human Kinetics, 2012. — P. 185–212.
23. Sadowski J. Equilibrium regulation by youth acrobats during selected exercises execution / J. Sadowski, V. Boloban, W. Wiśniowski et al. // 4th International Scientific Conference on kinesiology. "Science and Profession — Challenge for the Future". Zagreb, Croatia, 2005. — P. 839–841.
24. Sadowski J. Center of Pressure and Center of Mass Estimation during Athletes' Equilibrium Regulation / J. Sadowski, W. Boloban, T. Niznikowski et al. // Research Yearbook, 2006. — Vol. 12, N 1. — P. 80–84.
25. Sadowski J. Skuteczność regulacji równowagi ciała gimnastyków pod czas wykonania testów motorycznych / J. Sadowski, V. Boloban, W. Wiśniowski et al. // Kierunki doskonalenia treningu i walki sportowej-diagnostyka. — Warszawa: AWF, 2007. — Vol. 4. — S. 100–104.
26. Sobera M. Badania stabilograficzne w testach motorycznych / M. Sobera, P. Piestrak, K. Sojka — Krawiec // Wybrane zagadnienia biomechaniki sportu. — Warszawa: AWF, 2001. — S. 143–150.

<sup>1</sup> *Национальный университет физического воспитания и спорта Украины, Киев, Украина*

<sup>2</sup> *Факультет физического воспитания и спорта в Белой Подляске*

*Академия физического воспитания Юзефа Пилсудского в Варшаве, Польша*