

ОСОБЕННОСТИ СТАТОКИНЕТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЮНЫХ ГИМНАСТОВ

А.С. Назаренко, Ф.А. Мавлиев

Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, Казань, Россия

Аннотация

Цель – оценка статокINETической устойчивости юных гимнастов в годичном тренировочном цикле посредством классических стабиллографических тестов, дополненных вестибулярным раздражением.

Материалы и методы исследования. В исследованиях участвовали спортсмены 8-9 лет, занимающиеся спортивной гимнастикой на этапе начальной спортивной специализации. Оценку статокINETической функции производили на стабиллографическом аппаратно-программном комплексе «Стабилан 01-2» (ЗАО «ОКБ» «Ритм», Россия).

Результаты. Проведен анализ стабиллографических показателей статокINETической устойчивости юных гимнастов в годичном тренировочном цикле, а также детей, не занимающихся спортом. Выявлено наличие статистически значимых различий в статокINETической устойчивости между представителями обследованного контингента и статистически значимая положительная динамика в годичном цикле у юных атлетов. Показано, что в условиях применения теста, моделирующего вестибулярное раздражение в дополнение к классическим подходам оценки статокINETической устойчивости, исследуемые гимнасты демонстрируют лучшие показатели устойчивости по сравнению с неспортсменами.

Заключение. У юных спортсменов по сравнению со сверстниками-неспортсменами выявлен более высокий уровень сохранения равновесия тела, особенно в условиях вестибулярного раздражения, что делает необходимым дополнение классических стабиллографических тестов при тестировании атлетов возмущающими факторами, например, вестибулярным раздражением или локальным утомлением мышц нижних конечностей.

Ключевые слова: статокINETическая устойчивость, постуральная устойчивость, равновесие тела, вертикальная поза, стабиллографические показатели, сенсорные системы, спортивная гимнастика, юные спортсмены.

FEATURES OF STATOKINETIC STABILITY OF YOUNG GYMNASTS

A.S. Nazarenko, hard@inbox.ru, ORCID: 0000-0002-3067-8395

F.A. Mavliev, fanis16rus@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8981-7583

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

Abstract

The aim of the research is an assessment of statokinetic stability of young gymnasts in the annual training cycle by means of conventional stabilographic tests supplemented by vestibular response stimulation.

Materials and methods. The research brought together young athletes aged 8-9 years engaged in gymnastics during the early stages of involvement. We used the «Stabilan 01-2» stabilographic hardware-software complex (ZAO OKB «Rhythm», Russia) for the assessment of a statokinetic function.

Results. We have provided the analysis of stabilographic indicators of statokinetic stability of young gymnasts in the annual training cycle, as well as children who do not participate in sport. We have revealed statistically significant differences in statokinetic stability between the representatives of the examined contingent and statistically significant positive dynamics in the annual cycle in young athletes. We have demonstrated that application of tests stimulating vestibular response along with conventional approaches for assessing statokinetic resistance results in getting better resistance indicators of gymnasts compared to non-athletes.

Conclusion. The research revealed that younger athletes have a higher level of maintaining body balance, especially in conditions of vestibular response stimulation compared to non-athletes. Consequently, it is necessary to complement conventional stabilographic tests with disturbing factors, for example vestibular response stimulation or local fatigue of the muscles of lower extremities.

Keywords: statokinetic stability, postural stability, body balance, vertical posture, stabilographic indicators, sensory systems, artistic gymnastics, young athletes.

ВВЕДЕНИЕ

Спортивная гимнастика предъявляет повышенные требования не только к функциональным показателям организма, но и к различным видам физической подготовленности спортсмена. Кроме этого, спортивный результат в гимнастике тесно связан с эффективностью работы статокINETической системы, состоящей из проприоцептивной, зрительной, вестибулярной, мышечной и центральной нервной систем и обеспечивающей ориентацию в пространстве и поддержание равновесия тела в статических и динамических условиях. Следует заметить, что статокINETическая устойчивость спортсмена определяется не только функциональным состоянием вышеназванных систем, но и их взаимодействием, компенсируя слабость или неустойчивость друг друга во время мышечной деятельности. При этом доминирующее значение в формировании статокINETической устойчивости человека принадлежит вестибулярному анализатору как наиболее чувствительному к различным видам угловых и прямолинейных ускорений.

В то же время статокINETическая устойчивость спортсмена, определяемая как способность стабильно выполнять двигательные действия в условиях вестибулярных раздражений, может существенно снижаться во время тренировочной и соревновательной деятельности в связи с развитием нейромышечного и сенсорного утомления [4, 5]. Данные виды утомления могут привести к нарушению равновесия тела и к неточной дифференцировке движений, рассогласованию механизмов регуляции двигательных реакций [3, 7]. В связи с этим спорт высших достижений требует постоянного совершенствования статокINETической функции организма, от которой зависит эффективность двигательных действий спортсмена.

СтатокINETическая устойчивость спортсмена совершенствуется под воздействием специальных физических упражнений, при систематических занятиях спортом, а также при повышении уровня физической подготовленности [2, 6]. При этом большинство научных исследований по оценке статокINETической

функции проводится на взрослых спортсменах, которые уже имеют сформированные механизмы долговременной адаптации организма к мышечной нагрузке и завершённые процессы возрастного развития. Однако динамика совершенствования статокINETической функции юных спортсменов в процессе долговременной адаптации к спортивной тренировке остается до конца не изученной. Одной из причин является то, что среди атлетов могут быть те, кто имеет изначальную, т.е. генетическую, детерминированность статокINETической устойчивости организма, которая могла служить критерием отбора в сложнокоординационные виды спорта. Это усложняет разграничение причин лучшей статокINETической устойчивости у юных гимнастов, которая может быть обусловлена как тренировками, так и генетикой и/или, как вариант, различной степенью вклада генотипических и фенотипических факторов. Второй причиной является выбор функциональных тестов, определяющих уровень статокINETической функции у спортсменов. Тесты должны опираться на принцип специфичности – отражать особенности физических нагрузок, преобладающих в избранном виде спорта, что практически никогда не реализуются в тестах, включенных в распространенные аппаратно-программные комплексы.

Целью данного исследования является оценка статокINETической устойчивости юных гимнастов в годичном тренировочном цикле посредством классических стабиллографических тестов, дополненных вестибулярным раздражением.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проведены на базе Учебно-научной лаборатории кафедры медико-биологических дисциплин Поволжской государственной академии физической культуры, спорта и туризма. Научный эксперимент проводился в начале и в конце тренировочного года. В исследованиях участвовали спортсмены 8-9 лет в количестве 12 человек, которые занимаются спортивной гимнастикой на этапе начальной спортивной специализации.

Контрольная группа состояла из сверстников ($n=12$), не занимающихся спортом.

Оценку статокINETической функции производили на стабилографическом аппаратно-программном комплексе «Стабилан 01-2» (ЗАО «ОКБ» «Ритм», Россия) посредством анализа колебания центра давления. Испытуемый выполнял стабилографическую пробу стоя на стабилоплатформе в основной стойке. После стабилографической пробы испытуемого усаживали в кресло Барани и производили 5 вращений со скоростью $180^\circ/\text{с}$ (1 оборот в 2 с, проба Воячека, далее мы будем называть это вестибулярным раздражением), после чего он снова выполнял стабилографическую пробу. Для оценки влияния вестибулярного раздражения на статокINETическую функцию испытуемых стабилографические показатели до вестибулярной пробы сравнивали с показателями, полученными после нее.

Для анализа статокINETической устойчивости испытуемых использовали следующие стабилографические показатели колебаний центра давления (ЦД): Q_x , мм – разброс по фронтальной плоскости; Q_y , мм – разброс по сагиттальной плоскости; V_{CP} , мм/сек – средняя линейная скорость колебания центра давления; S_{ELLIS} , мм² – площадь доверительного эллипса статокINETИЗиграммы; КФР, % – качество функции равновесия, оценивающее, насколько минимальна скорость колебания центра давления при поддержании вертикальной позы. Следовательно, чем выше значение «КФР», тем выше уровень сохранения равновесия тела.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программы SPSS 20. Проверку выборки на характер распределения её значений осуществляли с помощью критерия Колмогорова-Смирнова, статистическую значимость отличий значений выборок – с использованием Т-критерия Стьюдента для множественных сравнений (с поправкой Бенноферрони при равных дисперсиях и с поправкой Тамхейна при неравенстве дисперсий). Данные в тексте и в таблицах представлены как средняя арифметическая величина и стандартное отклонение ($M \pm s$).

Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты классического стабилографического теста без вестибулярного раздражения. Анализ стабилографических показателей статокINETической устойчивости у юных гимнастов показал, что уже в начале годичного тренировочного цикла юные спортсмены имели меньшую среднюю линейную скорость колебания центра давления и площадь эллипса во время поддержания вертикальной позы ($p < 0,05$), чем их сверстники (таблица). Данная особенность статокINETической функции юных гимнастов отражает менее выраженные компенсаторные процессы поддержания вертикальной позы, а следовательно, лучшую способность к сохранению равновесия тела.

В то же время у некоторых юных гимнастов и неспортсменов наблюдались высокие значения интегрального показателя «качество функции равновесия» (87-93%), более низкие значения средней скорости колебания центра давления (6-8 мм/сек) и площади эллипса (50-70 мм²). Данный факт может свидетельствовать, что независимо от занятий спортом возможна генетическая детерминированность способности к высокому уровню сохранения равновесия тела, что, несомненно, требует более детальных исследований. Например, в связи с неспецифичностью тестов на стабилоплатформе необходимо определить, дает ли это превосходство в сохранении равновесия тела в стандартном тесте юному атлету преимущества в сложно-координационных видах спорта.

В конце тренировочного года у юных гимнастов незначительно снижается/улучшается показатель средней скорости колебания центра давления, площади эллипса и немного повышается интегральный показатель «качество функции равновесия». Это отражает суммарное влияние долговременной адаптации сенсорных систем, корковых структур мозга и опорно-двигательного аппарата к мышечной нагрузке. В свою очередь, это

может обеспечить поддержание специфической физической работоспособности юных гимнастов, например, при активных и пассивных перемещениях тела в пространстве в ходе тренировочной и соревновательной деятельности на фоне довольно активного естественного роста и развития, в особенности в изменениях морфологических характеристик тела, что не отмечается у взрослых атлетов.

Результаты классического стабилграфического теста с вестибулярным раздражением. Несмотря на всю функциональность стабилграфического теста, спортсмены разных видов спорта могут показывать сходный уровень сохранения равновесия тела в связи с простыми условиями выполнения тестов для оценки функции равновесия, предлагаемых в подобных стабилметрических системах. В свою очередь, применяемый для усложнения условий поддержания равновесия стабилграфический тест без зрительного контроля отражает лишь более совершенную регуляцию проприорецептивной системы, так как баланс вертикального положения тела при отсутствии поворотов головы регулируется без активного участия вестибулярной системы. Однако в спортив-

ной деятельности атлеты редко находятся в условиях отсутствия зрительной информации. При этом информация, получаемая от всех сенсорных систем во время движения, адресуется в центральную нервную систему с дальнейшей обработкой и адекватной избирательной афферентацией мышечного аппарата для управления телом в пространстве, в том числе и для поддержания равновесия.

Следовательно, для оценки специфичности функции равновесия у спортсменов следует применять функциональные пробы, которые будут отчасти моделировать такие специфические нагрузки и раздражители, которые спортсмен получает в процессе тренировок и соревнований, в связи с чем в нашей работе были использованы тесты с вестибулярным раздражением, что близко к условиям функционирования вестибулярной системы в процессе занятий гимнастикой, где встречаются движения с вертикальной осью вращения.

Вестибулярное раздражение, использованное в ходе теста, значительно снизило интегральный показатель «качество функции равновесия» и увеличило скорость колебания центра давления у всех испытуемых (таблица). Сле-

Таблица – Стабилграфические показатели статокINETической устойчивости испытуемых до и после вестибулярного раздражения ($M \pm \sigma$)

Table – Stabilographic indicators of statokinetic stability of test subjects before and after vestibular stimulation ($M \pm \sigma$)

Показатели / Indicators	Стабилграфическая проба / Stabilographic test			Стабилграфическая проба после вестибулярного раздражения / Stabilographic test after vestibular response stimulation		
	1	2	3	1	2	3
$Q_y, \text{ мм} / Q_x, \text{ мм}$	3,31 ±	2,92 ±	3,67 ±	3,79 ±	3,17 ±	4,83 ±
	1,92	0,86	1,59	1,22*	1,04*	0,81
$Q_p, \text{ мм} / Q_r, \text{ мм}$	4,19 ±	3,96 ±	4,81 ±	4,88 ±	4,31 ±	6,94 ±
	1,69	0,69	0,46	1,54*	1,36*	2,16
$V_{\text{ср}}, \text{ мм/сек} / V_{\text{average}}, \text{ мм/с}$	12,96 ±	10,56 ±	14,89 ±	14,14 ±	12,13 ±	18,40 ±
	1,21*	0,97*	1,89	2,71*	3,96*	3,36
$\text{SELLS}, \text{ мм}^2 / \text{SELLS}, \text{ мм}^2$	165,80 ±	158,37 ±	218,5 ±	198,50 ±	175,10± 22,47*	381,25 ±
	26,52*	37,92*	38,16	17,33*		25,45
$\text{КФР}, \% / \text{KFR}, \%$	73,28 ±	77,06 ±	67,48 ±	68,80 ±	70,19 ±	51,68 ±
	13,41	3,27*	14,11	2,81*	6,49*	6,83

Примечание: 1 – юные гимнасты в начале тренировочного года, 2 – юные гимнасты в конце тренировочного года, 3 – неспортсмены

* - $p < 0,05-0,001$ – статистические значимые различия с неспортсменами

Note: 1 – young gymnasts at the beginning of the training year, 2 – young gymnasts at the end of the training year, 3 – non-athletes

* - $p < 0,05-0,001$ – statistical significant differences with non-athletes

довательно, вестибулярная вращательная нагрузка может рассматриваться как фактор снижения уровня статокинетической устойчивости организма и как более сложный тест для оценки способности сохранения равновесия у гимнастов. При этом межгрупповое различие в стабиллографических показателях после вестибулярного раздражения у юных гимнастов и их сверстников, не занимающихся спортом, стало значимо больше ($p < 0,05-0,001$), что еще сильнее подчеркивает, по сравнению с первой функциональной пробой, более высокий уровень статокинетической устойчивости у юных спортсменов, что, в определенной степени, является следствием адаптированности.

При этом в конце тренировочного года наблюдается улучшение стабиллографических показателей функции равновесия у юных спортсменов (таблица). Данные положительные изменения могут быть связаны как с влиянием систематических тренировок на статокинетическую систему, так и с изменениями морфологического статуса спортсменов. В свою очередь, по нашему мнению, в результате систематических тренировок повышается статокинетическая устойчивость организма за счет увеличения порога раздражения сенсорных систем и формирования компенсаторных взаимодействий между зрительной, проприоцептивной, вестибулярной, центрально-нервной и мышечной

системами во время поддержания равновесия в статических и динамических условиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, систематичность тренировочного процесса уже в детском возрасте может являться важной детерминантой адекватного адаптационного эффекта для повышения статокинетической устойчивости спортсменов в условиях вестибулярного раздражения и снижения вестибуломоторных, вестибуловегетативных и вестибулосенсорных реакций организма, возникающих во время тренировочной и соревновательной деятельности, обеспечивая совершенствование технического мастерства и повышение физической работоспособности. При этом следует учитывать исходный уровень статокинетической устойчивости, который может быть обусловлен генетической предрасположенностью, предопределяющей соответственные адаптационные сдвиги в ответ на систематические тренировки.

У юных спортсменов по сравнению со сверстниками-неспортсменами выявлен более высокий уровень сохранения равновесия тела, особенно в условиях вестибулярного раздражения, что делает необходимым дополнение классических стабиллографических тестов при тестировании атлетов возмущающими факторами, например, вестибулярным раздражением или локальным утомлением мышц нижних конечностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Asseman F.B., Caron O., Cremieux J. Are there specific conditions for which expertise in gymnastics could have an effect on postural control and performance? // *J. Gait Posture*, 2008, № 27, pp. 76-81.
2. Demura S., Uchiyama M. Influence of anaerobic and aerobic exercises on the center of pressure during an upright posture // *J. Exerc. Sci. Fit*, 2009, Vol. 17, pp. 39-47.
3. Edwards W.T. Effect of joint stiffness on standing stability // *Gait Posture*, 2007, Vol. 25, № 3, pp. 432-439.

REFERENCES

1. Asseman F.B., Caron O., Cremieux J. Are there specific conditions for which expertise in gymnastics could have an effect on postural control and performance? *J. Gait Posture*, 2008, no 27, pp. 76-81.
2. Demura S., Uchiyama M. Influence of anaerobic and

4. Gutierrez G.M., Jackson N.D., Dorr K.A., Margiotta S.E., Kaminski T.W. Effect of fatigue on neuromuscular function at the ankle // *J. Sport. Rehabil*, 2007, Vol.16, № 4, pp. 295-306.
5. Melnikov A.A., Savin A.A., Emelyanova L.V., Vikulov A.D. Postural stability during static strain before and after a submaximal aerobic bicycle test in athletes // *J. Human Physiology*, 2012, Vol. 38, № 2, pp. 176-181.
6. Pinsault N., Vuillerme N. Differential postural effects of plantar-flexor muscles fatigue under normal, altered and improved vestibular and neck somatosensory conditions // *Exp. Brain. Res*, 2008, Vol. 191, pp. 99-107.

- aerobic exercises on the center of pressure during an upright posture. *J. Exerc. Sci. Fit*, 2009, vol. 17, pp. 39-47.
3. Edwards W.T. Effect of joint stiffness on standing stability. *Gait Posture*, 2007, vol. 25, no. 3, pp. 432-439.
4. Gutierrez G.M., Jackson N.D., Dorr K.A., Margiotta S.E.,

- Kaminski T.W. Effect of fatigue on neuromuscular function at the ankle. *J. Sport. Rehabil*, 2007, vol. 16, no. 4, pp. 295–306.
5. Melnikov A.A., Savin A.A., Emelyanova L.V., Vikulov A.D. Postural stability during static strain before and after a submaximal aerobic bicycle test in athletes. *J. Human Physiology*, 2012, vol. 38, no 2, pp. 176-181.
6. Pinsault N., Vuillerme N. Differential postural effects of plantar-flexor muscles fatigue under normal, altered and improved vestibular and neck somatosensory conditions. *Exp. Brain. Res*, 2008, vol. 191, pp. 99-107.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Назаренко Андрей Сергеевич – кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой медико-биологических дисциплин; Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, 420010, г. Казань, ул. Деревня Универсиады; 35; e-mail: hard@inbox.ru, ORCID: 0000-0002-3067-8395; Мавлиев Фанис Азгатович – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Учебно-научного центра технологий подготовки спортивного резерва; Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, 420010, г. Казань, ул. Деревня Универсиады; 35; e-mail: fanis16rus@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8981-7583.

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Назаренко А.С. Особенности статокINETической устойчивости юных гимнастов / А.С. Назаренко, Ф.А. Мавлиев // Наука и спорт: современные тенденции. – 2020. – Т. 8, № 3. – С. 97-102. DOI: 10.36028/2308-8826-2020-8-3-97-102

FOR CITATION

Nazarenko A.S., Mavliev F.A. Features of statokinetic stability of young gymnasts. *Science and sport: current trends*, 2020, vol. 8, no. 3, pp. 97-102 (in Russ.) DOI: 10.36028/2308-8826-2020-8-3-97-102
