

УДК 796.01:612

## ПОДДЕРЖАНИЕ РАВНОВЕСИЯ ТЕЛА НА ФОНЕ ФИЗИЧЕСКОГО УТОМЛЕНИЯ МЫШЦ ПЛЕЧЕВОГО ПОЯСА У СПОРТСМЕНОВ РАЗНЫХ СПЕЦИАЛИЗАЦИЙ

А.С. Назаренко<sup>1</sup>, Ф.А. Мавлев<sup>2</sup>

ФГБОУ ВПО «Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма», Казань, Россия  
 Для связи с авторами: Hard@inbox.ru

### Аннотация:

Показано, что наиболее значимые различия в регуляции функции равновесия тела между спортсменами разных специализаций наблюдались на фоне физического утомления мышц плечевого пояса после силовой нагрузки, свидетельствуя о влиянии мышечного утомления и усиленной работы кардиореспираторной системы на снижение статокINETической устойчивости. Однако стабИлографические показатели функции равновесия тела под влиянием силовой нагрузки статИстически значИмо меньше изменялись у спортсменов циклических и ситуационных видов, чем у спортсменов прицельных видов спорта, что связано со спецификой двигательной деятельности.

**Ключевые слова:** статокINETическая устойчивость, силовая нагрузка, равновесие тела, физическое утомление, спортсмены.

### BALANCE BODY AGAINST A BACKGROUND PHYSICAL FATIGUE OF SHOULDER GIRDLE MUSCLES OF DIFFERENT SPECIALIZATIONS SPORTSMEN

A.S. Nazarenko<sup>1</sup>, F.A. Mavlev<sup>2</sup>

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

### Abstract:

It was found that the most significant differences in terms of stabilographic body balance between athletes of different specializations were observed under the influence of the power load on the shoulder muscles, which shows the influence of muscle fatigue and the work of the cardiorespiratory system to statokinetic sustainability reduction. However, stabilographic indicators of the body balance function under the influence of power load significantly less changed in athlete's cyclic and situational types than in impact sports, due to the features of their motor activity.

**Key words:** statokinetic stability, power load, the body's equilibrium, physical fatigue, athletes.

### ВВЕДЕНИЕ

В основе поддержания равновесия тела человека лежит взаимодействие вестибулярного, проприоцептивного, зрительного анализаторов и нервной системы. Утомление любой из этих систем может снизить статокINETическую устойчивость человека [1, 2, 3].

В спортивной деятельности у спортсмена возникает проблема сохранения равновесия тела на фоне физического [4] и сенсорного утомления [5]. СтатокINETическая устойчивость спортсмена может существенно нарушаться под влиянием общей [6] и локальной [3, 4, 7] физической нагрузки аэробного и анаэробного характера. Исследователями было показано, что физическое утомление вызывает снижение статокINETической устойчивости человека после аэробной

физической нагрузки на мышцы, участвующие и не участвующие в поддержании равновесия тела [4]. Однако влияние физического утомления на стабИлографические показатели статокINETической устойчивости спортсменов разных видов спорта, вызванного силовой нагрузкой на мышцы, не участвующие в поддержании равновесия, остается малоизученным.

Целью нашей работы было исследование функции равновесия тела у спортсменов разных специализаций на фоне физического утомления мышц плечевого пояса после силовой нагрузки.

### МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследованиях участвовали 227 человек мужского пола, 177 из которых являются спортсменами высокой спортивной квалификации (от

первого разряда до мастера спорта России). В группу циклических видов спорта вошли легкоатлеты и лыжники. Ситуационные виды спорта представляли спортсмены игровых видов спорта и единоборств: футболисты, волейболисты, бадминтонисты, баскетболисты, хоккеисты и борцы, а прицельные виды спорта – представители стендовой стрельбы. Контрольная группа состояла из студентов, не занимающихся спортом (n=50).

Оценку функции равновесия тела производили на стабилографическом АПК «Стабилан 01-2» (ЗАО «ОКБ» «Ритм», Россия) посредством анализа колебания центра давления. Регуляцию равновесия тела оценивали до и после силовой нагрузки. Испытуемый выполнял пробу Ромберга с открытыми глазами (52 секунды), после чего он выполнял сгибание и разгибание рук в упоре лежа в количестве 30 раз за 30 сек. По окончании силовой нагрузки испытуемый сразу же становился на стабилографическую платформу и выполнял тест Ромберга с открытыми глазами. Для оценки влияния силовой нагрузки на способность к сохранению равновесия тела спортсменов показатели пробы Ромберга до силовой нагрузки сравнивали с показателями, полученными после нее.

Для анализа регуляции равновесия тела спортсменов использовали следующие стабилографические показатели колебаний центра давле-

ния (ЦД): QX, мм – разброс по фронтальной плоскости, QY, мм – разброс по сагиттальной плоскости, VCP, мм/сек – средняя линейная скорость колебания центра давления, VS, мм<sup>2</sup>/с – скорость изменения площади статокинезиграммы, SELLS, мм<sup>2</sup> – площадь доверительного эллипса статокинезиграммы, КФР, % – качество функции равновесия.

Результаты представлены как среднее арифметическое выборки (M) ± стандартное отклонение (s). Статистическую значимость различий между группами спортсменов и контроля определяли с помощью Т-критерия Стьюдента для связанных и несвязанных выборок (с поправкой Бонферрони). Проверку на нормальность распределения в выборке определяли с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Обработка данных осуществлялась в программе для статистической обработки данных «SPSS 20».

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В пробе Ромберга (до силовой нагрузки) большинство стабилографических показателей функции равновесия тела у спортсменов разных специализаций не различалось (рисунки 1, 2). Отсутствие значимых различий по большинству стабилографических показателей у спортсменов разных специализаций может быть связано с неспецифичностью данного теста, что, по сути, не отражает функциональные особен-

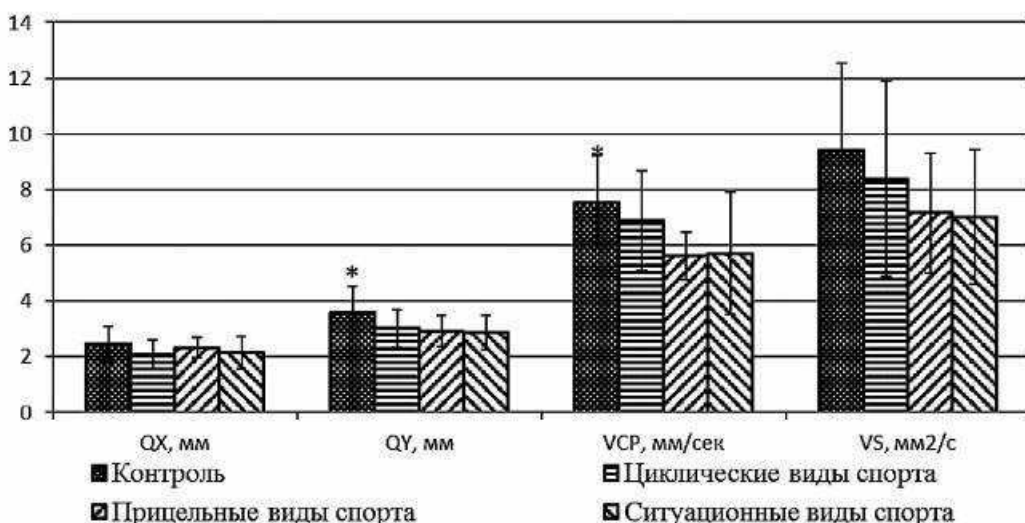


Рисунок 1 – Стабилографические показатели функции равновесия тела у спортсменов и контрольных испытуемых до силовой нагрузки

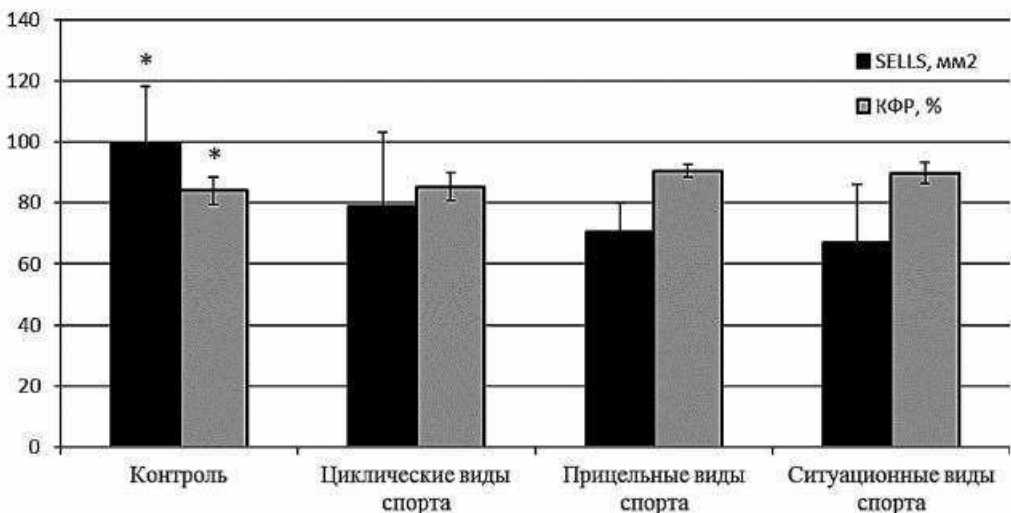
Примечание: \* – значимость различий с показателями спортсменов (p<0,01)

ности поддержания равновесия тела у исследуемых, формируемого непосредственно в условиях спортивной деятельности.

Более высокие стабиллографические показатели QY, VCP, SELLS и меньший интегральный показатель «качество функции равновесия» были выявлены в контроле ( $p < 0,01$ ), что характеризует более низкую способность к сохранению вертикального положения тела по сравнению с таковой у спортсменов (рисунок 1, 2).

По данным различных авторов, как физическая, так и сенсорная нагрузка могут не оказывать влияния на функцию равновесия тела спортсмена благодаря увеличению вклада в регуляцию вертикальной позы зрительной системы [8], проприоцептивной информации из неутомленных мышечных групп [4, 8] и вестибулярного анализатора [2]. Однако в нашем случае на фоне физического утомления, вызванного силовой нагрузкой на мышцы плечевого пояса, у спортсменов произошло увеличение большинства стабиллографических показателей ( $p < 0,05-0,001$ ), что вызвало снижение интегрального показателя «качество функции равновесия». К тому же физическая нагрузка, в том числе и силового характера, повышает работу кардиореспираторной системы, вызывая перераспределение и усиление движения крови по сосудам, что, вероятно, может влиять на скорость колебания

центра давления и функцию равновесия тела [9, 10]. По мнению одних авторов [4, 11], периферическое утомление в любых мышечных регионах влияет на центральную интеграцию и анализ поступающей сенсорной информации, а также вызывает уменьшение проприоцептивной чувствительности мышц, обеспечивающих устойчивость вертикальной позы. По данным других авторов [8], физическое утомление вызывает снижение проприоцептивной афферентации утомленных мышц, что в итоге приводит к снижению статокинетической устойчивости. Между спортсменами ситуационных и циклических видов спорта значимых различий по большинству стабиллографических показателей поддержания равновесия тела после силовой нагрузки не наблюдалось. Однако степень увеличения показателей VCP, SELLS и снижение показателя «качество функции равновесия» на фоне физического утомления у представителей стендовой стрельбы были больше ( $p < 0,05$ ), чем у занимающихся ситуационными и циклическими видами спорта (таблица 1). Это, возможно, объясняется тем, что двигательная деятельность спортсменов по стендовой стрельбе происходит преимущественно в условиях стандартных статических поз при незначительной силовой нагрузке на мышцы плечевого пояса и значительных требований к вегетативным



**Рисунок 2 – Стабиллографические показатели площади эллипса и «качество функции равновесия» спортсменов и контрольных испытуемых до силовой нагрузки**

Примечание: \* – значимость различий с показателями спортсменов ( $p < 0,01$ )

**Таблица 1 – Изменения стабилографических показателей функции равновесия тела после силовой нагрузки у спортсменов и контрольных испытуемых (M±s)**

Показатели	Контроль	Циклические виды спорта	Прицельные виды спорта	Ситуационные виды спорта
$Q_{\text{с}}$ , мм	1,34±0,55	0,92±0,53	1,27±0,54	0,94±0,64
$Q_{\text{с}}$ , мм	1,94±1,04	1,37±0,62	1,53±0,48	1,49±0,81
$V_{\text{ср}}$ , мм/сек	7,86±2,40 *	3,54±1,76	4,66±1,90 *	3,43±1,62
$V_{\text{с}}$ , мм <sup>2</sup> /с	7,71±5,05 *	4,53±2,30	5,67±2,22	4,61±3,26
$S_{\text{ELLS}}$ , мм <sup>2</sup>	140,17±36,12 *	65,25±28,06	87,59±17,96 *	59,35±21,28
КФР, %	-7,43±4,57 *	-3,56±4,13	-5,47±2,75 *	-3,23±3,77

Примечание: \* – значимость различий с показателями спортсменов ( $p < 0,05$ ), # – значимость различий с показателями спортсменов ситуационных и циклических видов спорта ( $p < 0,05$ )

системам организма не предъявляет. Поэтому силовая нагрузка у представителей прицельных видов спорта вызвала большее физическое утомление как в органах вегетативного обеспечения, так и в мышцах плечевого пояса, что, возможно, и привело к увеличению колебания центра давления и снижению функции равновесия тела.

У нетренированных лиц степень увеличения стабилографических показателей равновесия тела на фоне физического утомления была значительно больше, чем у спортсменов, что отражается в показателях VCP, VS, SELLS и КФР ( $p < 0,05$ ). Это, вероятно, обусловлено выраженным развитием утомления в органах вегетативного обеспечения и накоплением в рабочих мышцах метаболитов, снижающих чувствительность мышечных веретен и ухудшающих обратную проприоцептивную афферентацию от утомленных мышц в ЦНС [4, 12].

### ВЫВОДЫ

Наши экспериментальные данные указывают, что функция равновесия тела может значительно снижаться на фоне физического утомления мышц плечевого пояса после силовой нагрузки. В основном это связано с усиленной работой кардиореспираторной системы, что напрямую

влияет на скорость колебания центра давления и снижает способность к сохранению равновесия тела.

Специфика мышечной деятельности спортсмена отражается на особенностях поддержания равновесия тела. Однако значимые различия в эффективности поддержания равновесия тела между спортсменами различных специализаций проявляются в основном после функциональных проб или физической нагрузки. При этом статокINETическая устойчивость спортсменов ситуационных и циклических видов выше, чем у представителей прицельных видов спорта, что проявляется в меньших изменениях стабилографических показателей функции равновесия тела после силовой нагрузки на мышцы плечевого пояса.

У нетренированных лиц обнаружен более низкий уровень поддержания равновесия тела по сравнению со спортсменами, который в значительно большей степени снижался после силовой нагрузки, что, по-видимому, связано с общими механизмами утомления и усиленной работой органов вегетативного обеспечения, что и вызывает увеличение колебания тела и снижает устойчивость вертикального положения тела.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Horak, F. B. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? / F. B. Horak // *J. Age and Ageing*. – 2006. – Vol. 35. – № 2. – P. 7-11.
- Pinsault, N. Differential postural effects of plantar-flexor muscles fatigue under normal, altered and improved vestibular and neck somatosensory conditions / N. Pinsault, N. Vuillerme // *J. Experimental Brain Research*. – 2008. – Vol. 191. – P. 99-107.
- Nazarenko, A. S. Influence of stepwise increasing load on statokinetic system of hockey and soccer players / A. S. Nazarenko, N. Sh. Khasnutdinov, A. S. Chinkin // *Tomsk State University Journal of Biology*. – 2014. – № 3 (27). – P. 176-185.
- Nikolaev, R. Yu. Impact effect of submaximal anaerobic load of legs and hands on postural control system and its restoration mechanism analysis / R. Yu. Nikolaev, A.

- A. Melnikov // *J. Bulletin of Udmurt University*. – 2014. – № 1. – P. 106-111.
5. Назаренко, А. С. Влияние вестибулярного раздражения на статокинетическую устойчивость спортсменов различных специализаций / А. С. Назаренко, А. С. Чинкин // *Наука и спорт: современные тенденции*. – 2015. – Т. 7. – № 2. – С. 78-85.
  6. Demura, S. Influence of anaerobic and aerobic exercises on the center of pressure during an upright posture / S. Demura, M. Uchiyama // *J. Journal of Exercise Science & Fitness*. – 2009. – Vol. 17. – P. 39-47.
  7. Gribble, P.A. Effect of lower-extremity muscle fatigue on postural control / P.A. Gribble, J. Hertel // *J. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. – 2004. – Vol. 85. – P. 589-592.
  8. Vuillerme, N. Muscle fatigue degrades force sense at the ankle joint / N. Vuillerme, M. Boisgontier // *J. Gait Posture*. – 2008. – Vol. 28. – P. 521-524.
  9. Bove, M. Postural control after a strenuous treadmill exercise / M. Bove, E. Faelli, A. Tacchino, F. Lofrano, C.E. Cogo, P. Ruggeri // *J. Neuroscience Letters*. – 2007. – Vol. 418. – P. 276-281.
  10. Bizid, R. Effects of knee and ankle muscle fatigue on postural control in the unideal stance / R. Bizid, E. Margnes, Y. Francois, G. Gonzalez, J.L. Jully, P. Dupui, T. Paillard // *J. European Journal of Applied Physiology*. – 2009. – Vol. 106. – P. 375-380.
  11. Taylor, J. L. A comparison of central aspects of fatigue in submaximal and maximal voluntary contractions / J.L. Taylor, S.C. Gandevia // *J. Journal of Applied Physiology*. – 2008. – Vol. 104. – P. 542-550.
  12. Pedersen, J. Localized muscle fatigue decreases the acuity of the movement sense in the human shoulder / J. Pedersen, J. Lonn, F. Hellstrom et al. // *J. Medicine & Science in Sports & Exercise*. – 1999. – Vol. 31. – P. 1047-1052.

#### BIBLIOGRAPHY

1. Horak, F. B. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? / F. B. Horak // *J. Age and Ageing*. – 2006. – Vol. 35. – № 2. – P. 7-11.
2. Pinsault, N. Differential postural effects of plantar-flexor muscles fatigue under normal, altered and improved vestibular and neck somatosensory conditions / N. Pinsault, N. Vuillerme // *J. Experimental Brain Research*. – 2008. – Vol. 191. – P. 99-107.
3. Nazarenko, A. S. Influence of stepwise increasing load on statokinetic system of hockey and soccer players / A. S. Nazarenko, N. Sh. Khasnutdinov, A. S. Chinkin // *Tomsk State University Journal of Biology*. – 2014. – № 3 (27). – P. 176-185.
4. Nikolaev, R. Yu. Impact effect of submaximal anaerobic load of legs and hands on postural control system and its restoration mechanism analysis / R. Yu. Nikolaev, A. A. Melnikov // *J. Bulletin of Udmurt University*. – 2014. – № 1. – P. 106-111.
5. Nazarenko, A. S. Influence of vestibular stimulation on statokinetic stability of athletes of various specializations / A. S. Nazarenko, A. S. Chinkin // *Science and Sports: Current Trends*. – 2015. – Т. 7. – № 2. – С. 78-85.
6. Demura, S. Influence of anaerobic and aerobic exercises on the center of pressure during an upright posture / S. Demura, M. Uchiyama // *J. Journal of Exercise Science & Fitness*. – 2009. – Vol. 17. – P. 39-47.
7. Gribble, P.A. Effect of lower-extremity muscle fatigue on postural control / P.A. Gribble, J. Hertel // *J. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. – 2004. – Vol. 85. – P. 589-592.
8. Vuillerme, N. Muscle fatigue degrades force sense at the ankle joint / N. Vuillerme, M. Boisgontier // *J. Gait Posture*. – 2008. – Vol. 28. – P. 521-524.
9. Bove, M. Postural control after a strenuous treadmill exercise / M. Bove, E. Faelli, A. Tacchino, F. Lofrano, C.E. Cogo, P. Ruggeri // *J. Neuroscience Letters*. – 2007. – Vol. 418. – P. 276-281.
10. Bizid, R. Effects of knee and ankle muscle fatigue on postural control in the unideal stance / R. Bizid, E. Margnes, Y. Francois, G. Gonzalez, J. L. Jully, P. Dupui, T. Paillard // *J. European Journal of Applied Physiology*. – 2009. – Vol. 106. – P. 375-380.
11. Taylor, J. L. A comparison of central aspects of fatigue in submaximal and maximal voluntary contractions / J. L. Taylor, S. C. Gandevia // *J. Journal of Applied Physiology*. – 2008. – Vol. 104. – P. 542-550.
12. Pedersen, J. Localized muscle fatigue decreases the acuity of the movement sense in the human shoulder / J. Pedersen, J. Lonn, F. Hellstrom et al. // *J. Medicine & Science in Sports & Exercise*. – 1999. – Vol. 31. – P. 1047-1052.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Назаренко Андрей Сергеевич – кандидат биологических наук, доцент кафедры медико-биологических дисциплин ФГБОУ ВПО «Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма».

Мавлиев Фанис Азгатович – кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры медико-биологических дисциплин ФГБОУ ВПО «Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма».