

ВЛИЯНИЕ СУБМАКСИМАЛЬНОЙ АЭРОБНОЙ НАГРУЗКИ НА ПОСТУРАЛЬНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ

А.С. Назаренко, Ф.А. Мавляев

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

Для связи с авторами: e-mail: Hard@inbox.ru

Аннотация:

В статье исследованы показатели поструральной устойчивости у высококвалифицированных спортсменов и лиц, не занимающихся спортом, до и после субмаксимальной аэробной нагрузки. Нами было установлено, что мышечная нагрузка вызывает снижение поструральной устойчивости у всех испытуемых. Однако наименьшее снижение уровня поструральной устойчивости после физической нагрузки было выявлено у спортсменов ситуационных и циклических видов спорта, которое значимо отличалось от показателей стрелков. У неспортсменов по сравнению со спортсменами выявлен более низкий уровень поструральной устойчивости, который в значительно большей степени снижался после мышечной нагрузки.

Ключевые слова: поструральная устойчивость, стабиллографические показатели, субмаксимальная аэробная нагрузка, равновесие тела, физическое утомление, спортсмены.

INFLUENCE OF SUBMAXIMAL AEROBIC LOAD ON POSTURAL STABILITY OF HIGHLY QUALIFIED ATHLETES

A.S. Nazarenko, F.A. Mavliev

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

Abstract:

In the article, the indicators of postural stability in highly skilled athletes and persons not engaged in sports before and after submaximal aerobic load are investigated. We found that muscular load causes a decrease in postural stability in all subjects. However, the lowest decrease in the level of postural stability after physical exertion was revealed in sportsmen of situational and cyclic sports, which differed significantly from those of shooters. Non-athletes found a lower level of postural stability compared to athletes, which was significantly reduced after a muscular load.

Key words: postural stability, stabilographic indices, submaximal aerobic load, body balance, physical fatigue, athletes.

ВВЕДЕНИЕ

Постуральная устойчивость является одним из информативных показателей функционального состояния центральных и периферических систем регуляции равновесия тела и двигательных функций человека. Исследование стабиллографических показателей поструральной устойчивости спортсменов позволяет определить способность к сохранению статического и динамического равновесия тела, уровень адаптации к вестибулярным нагрузкам, развития координации движений, а также способность к сохранению равновесия в усложненных условиях, в частности, после выполнения физических нагрузок как локального, так и глобального характера. Данный

аспект особенно актуален в связи с тем, что у атлетов, за редким исключением, необходимо сохранять равновесие тела на фоне учащенного дыхания, повышенного давления и, что немаловажно, в условиях значительного перераспределения кровотока к рабочим мышцам [1]. Именно по этой причине у спортсменов может существенно снижаться качество функции равновесия в условиях локального физического утомления, которое влияет на различные структуры центральной и периферической нервной системы, а также в целом на функцию равновесия тела и координацию движений [3, 9].

Установлено, что значительная степень физического утомления вызывает снижение

пространственной точности и точности силовых ощущений утомленных мышц, что в итоге приводит к снижению постральной устойчивости у атлетов [10]. Отмечается локальное утомление в мышцах, которое влияет на центральную интеграцию и анализ поступающей сенсорной информации, а также на уменьшение проприоцептивной чувствительности мышц, ответственных за постральную устойчивость человека [4, 9].

В связи с этим очень часто проводят различные функциональные пробы, связанные с физической нагрузкой. Имеется достаточное количество работ о влиянии различных функциональных проб на постральную систему атлетов [2, 3, 5, 7]. Однако мало изучены особенности изменения стабилографических показателей постральной устойчивости высококвалифицированных спортсменов различных специализаций, которые можно было бы наблюдать, к примеру, после субмаксимальной аэробной нагрузки.

Целью исследования явилось изучение реакции постральной системы у высококвалифици-

рованных атлетов различных спортивных специализаций на субмаксимальную аэробную нагрузку.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обследовано 264 атлета мужского пола, 214 из которых являются спортсменами высокой спортивной квалификации – от I разряда до мастера спорта РФ. В группу циклических видов спорта вошли бегуны, гребцы, лыжники и пловцы. Ситуационные виды спорта представляли спортсмены игровых видов спорта и единоборств: баскетбола, бадминтона, волейбола, футбола, тенниса, хоккея и борьбы. В исследовании также участвовали представители стендовой стрельбы. В контрольную группу вошли нетренированные лица (50 человек).

Стабилографическое исследование проводилось с использованием компьютерного стабилоанализатора «Стабилан-01-2» (Россия) посредством анализа колебания центра давления (ЦД), где оценивалась постраль-

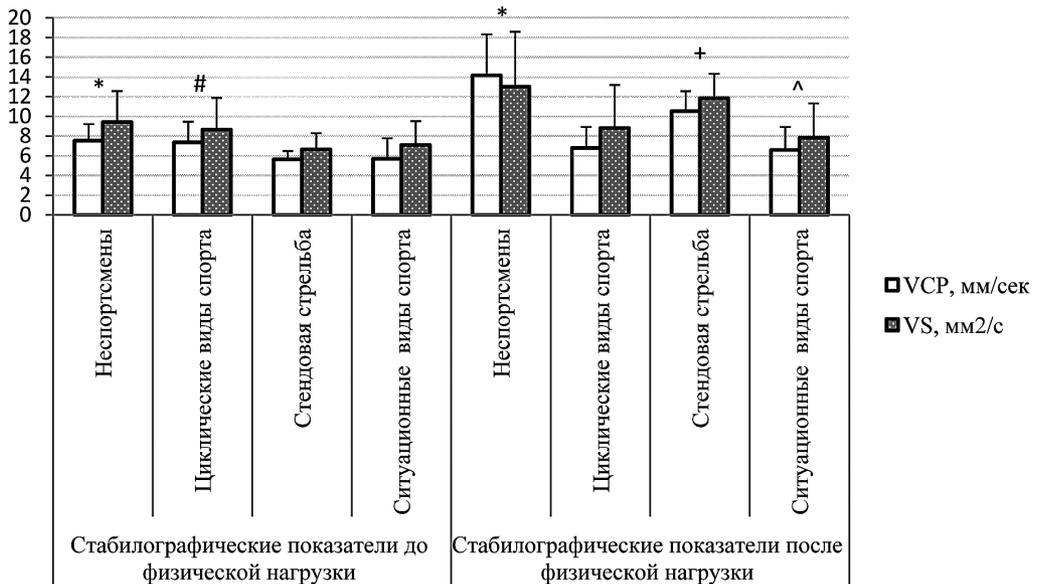


Рисунок 1 – Стабилографические показатели линейной скорости колебания центра давления и изменения площади статокинезиграммы у испытуемых

* – значимость различий с показателями спортсменов в пробе до и после субмаксимальной аэробной нагрузки ($p < 0,01-0,001$), # – значимость различий с показателями спортсменов ситуационных видов спорта и представителей стендовой стрельбы до субмаксимальной аэробной нагрузки ($p < 0,05-0,001$); + – значимость различий с показателями спортсменов циклических и ситуационных видов спорта после субмаксимальной аэробной нагрузки ($p < 0,01-0,001$); ^ – значимость различий с показателями спортсменов циклических видов спорта и представителей стендовой стрельбы после субмаксимальной аэробной нагрузки ($p < 0,01-0,001$)

ная устойчивость спортсменов (52 с). После стабиллографической пробы испытуемые выполняли нагрузку на велоэргометре «Ebike» (Германия), величина которой на первой ступени составляла 60 Вт и на последующих ступенях (длительность 1 мин) увеличивалась на 30 Вт до достижения ЧСС в конце последней ступени 170 уд/мин. Частоту сердечных сокращений во время велоэргометрического теста определяли с помощью пульсометра «POLAR FT 7» (Финляндия). По окончании физической нагрузки испытуемые сразу же выполняли стабиллографическую пробу. Для оценки влияния субмаксимальной аэробной нагрузки на постуральную систему спортсменов показатели стабиллографического теста до физической нагрузки сравнивали с показателями, полученными после нее.

Для оценки и анализа постуральной системы испытуемых до и после физической нагрузки использовали следующие стабиллографические показатели колебаний центра давления (ЦД): V_{CP} , мм/сек – среднюю линейную скорость колебания центра давления; V_S , мм²/с – скорость изменения площади статокинезиграммы; S_{ELLS} , мм² – площадь доверительного эллипса статокинезиграммы; КФР, % – качество функции равновесия.

Статистическая обработка данных проводи-

лась с помощью программы SPSS 20. Данные в тексте и в таблице представлены как средняя арифметическая величина и стандартное отклонение ($M \pm s$). Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Стабиллографические показатели постуральной устойчивости до аэробной нагрузки у спортсменов ситуационных видов спорта и представителей стендовой стрельбы значимо не различались. В то же время у спортсменов циклических видов спорта стабиллографические показатели линейной скорости колебания центра давления и изменения площади статокинезиграммы были выше, а интегральный показатель «КФР» был значимо ниже ($p < 0,05$), чем у спортсменов ситуационных видов и стрелков (рисунок 1, таблица 1).

У неспортсменов уровень постуральной устойчивости по сравнению со спортсменами значительно ниже ($p < 0,05-0,001$), скорость колебания ЦД выше, что обуславливает значимые различия в показателях V_S , S_{ELLS} и КФР (рисунок 1, таблица 1).

Под влиянием субмаксимальной аэробной нагрузки у всех испытуемых произошло увеличение большинства стабиллографических

Таблица 1 – Стабиллографические показатели постуральной устойчивости у испытуемых

Показатели	Стабиллографические показатели до физической нагрузки				Изменения стабиллографических показателей после субмаксимальной аэробной нагрузки			
	Неспортсмены	Циклические виды спорта	Стендовая стрельба	Ситуационные виды спорта	Неспортсмены	Циклические виды спорта	Стендовая стрельба	Ситуационные виды спорта
S_{ELLS} , мм ²	99,48 ± 18,76 *	77,65 ± 19,98	66,93 ± 9,46	70,96 ± 16,13	329,31 ± 69,37 *	187,73 ± 47,44	241,84 ± 23,94 +	160,37 ± 40,70 ^
КФР, %	83,97 ± 4,49 *	86,08 ± 5,01 #	90,59 ± 2,00	89,85 ± 3,54	-17,32 ± 5,48 *	-8,54 ± 2,89	-12,78 ± 3,00 +	-9,68 ± 3,10

Примечание: * – значимость различий с показателями спортсменов в пробе до и после субмаксимальной аэробной нагрузки ($p < 0,01-0,001$), # – значимость различий с показателями спортсменов ситуационных видов спорта и представителей стендовой стрельбы до субмаксимальной аэробной нагрузки ($p < 0,05-0,001$); + – значимость различий с показателями спортсменов циклических и ситуационных видов спорта после субмаксимальной аэробной нагрузки ($p < 0,01-0,001$); ^ – значимость различий с показателями спортсменов циклических видов спорта и представителей стендовой стрельбы после субмаксимальной аэробной нагрузки ($p < 0,01-0,001$)

показателей ($p < 0,05-0,001$), что привело к снижению интегрального показателя «качество функции равновесия». При этом степень увеличения V_{CP} , V_S , S_{ELLS} и снижения интегрального показателя «качество функции равновесия» после физической нагрузки у представителей стендовой стрельбы была больше ($p < 0,01-0,001$), чем у спортсменов ситуационных и циклических видов спорта. Подобные отличия могут быть связаны с тем, что тренировочная и соревновательная деятельность спортсменов по стендовой стрельбе происходит преимущественно в условиях стандартных статических поз при незначительной динамической работе при прицеливании и значительных требований к вегетативным системам организма не предъявляет. В свою очередь, у представителей ситуационных видов стабิโลграфические показатели V_S и S_{ELLS} после физической нагрузки были значимо ниже ($p < 0,05$), чем у спортсменов циклических и прицельных видов спорта, что отражает у первых более высокий уровень поструральной устойчивости в условиях физического утомления.

Снижение поструральной устойчивости после субмаксимальной аэробной нагрузки может быть обусловлено утомлением в центральной и периферической нервной системе [4]. В то же время усиленная работа сердечно-сосудистой и дыхательной систем, вызванная мышечной нагрузкой, приводит к перераспределению жидких масс в полостях и кровеносных сосудах, что вызывает увеличение скорости колебания центра давления и снижение поструральной устойчивости [1, 3, 9]. Кроме этого, можно предположить незначительное изменение расположения общего центра масс из-за перераспределения крови к рабочим мышцам ног, что несколько снижает общий центр тяжести. Следует заметить, что метаболические факторы утомления, которые образуются в работающих мышцах во время физической нагрузки, нарушают проприоцептивную чувствительность поструральных мышц, что, в свою очередь, снижает поструральную устойчивость и функцию равновесия испытуемых [4, 9].

В группах спортсменов, в зависимости от на-

правленности спортивной специализации, изменение интегрального показателя «качество функции равновесия» под влиянием физической нагрузки имеет свою особенность. У лыжников, гребцов, борцов и бегунов наблюдалось статистически значимо меньшее изменение интегрального показателя «КФР» после субмаксимальной аэробной нагрузки ($p < 0,05$), чем у стрелков, волейболистов и пловцов. Схожие данные были получены ранее, где было описано, что аэробные физические нагрузки приводят к функциональной адаптации моторных систем, связанных с поддержанием поструральной стабильности в процессе утомления [8].

У представителей разных видов спорта имеется заметная тенденция к меньшему изменению интегрального показателя «качество функции равновесия» после субмаксимальной аэробной нагрузки по мере повышения спортивной квалификации: у мастеров спорта и кандидатов в мастера спорта оно несколько меньше ($-8,46 \pm 2,94$ и $-9,43 \pm 2,80$ % соответственно, $p > 0,05$), чем у спортсменов 1-го разряда ($-10,66 \pm 3,40$ %). У неспортсменов снижение данного показателя на фоне велоэргометрической нагрузки значимо больше ($-17,32 \pm 5,48$ %, $p < 0,001$), чем у спортсменов. У нетренированных лиц степень снижения поструральной устойчивости после физической нагрузки была значительно больше, чем у спортсменов, что привело к значимым различиям в стабิโลграфических показателях V_{CP} , V_S , S_{ELLS} и КФР ($p < 0,01-0,001$). Это, вероятно, обусловлено большим изменением в работе сердечно-сосудистой и дыхательной систем, а также большим накоплением в рабочих мышцах метаболитов, ухудшающих обратную проприоцептивную афферентацию от мышц в ЦНС [4, 6].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, систематические тренировки позволяют спортсменам совершенствовать механизмы регуляции поструральной системы, что приводит к повышению функции равновесия тела и координационных способностей как в состоянии относительного покоя, так и на фоне физического утомления. При этом

адаптация к тренировочным нагрузкам различной направленности отражается на постуральной системе спортсмена и значимые различия в регуляции вертикальной позы между различными видами спорта проявляются после субмаксимальной аэробной нагрузки. При этом эффективность сохранения равновесия тела у спортсменов ситуационных и циклических видов после физической нагрузки выше, чем у представителей прицельных видов спорта. Остаются вопросы, связанные с тем, что реакции на нагрузки аэробного характера имеют столь необъяснимый характер. Нагрузки аэробного характера более специфичны для бегунов, гребцов и лыжников, но не для борцов, и поэтому неясны возможные механизмы большей у них устойчивости на

фоне утомления после аэробных нагрузок, которое мы наблюдали в нашей работе. Возможно, это объясняется тем, что борьба предъявляет повышенные требования к умению сохранять равновесие, что и проявляется более низкой динамикой «качества функции равновесия» на фоне утомления. Группа видов спорта, требующих скоростно-силовых качеств (кроме борцов), имеет сходную динамику качества функции равновесия.

У нетренированных лиц по сравнению со спортсменами обнаружен более низкий уровень постуральной устойчивости, который в значительно большей степени снижался после субмаксимальной аэробной нагрузки, что, по-видимому, связано с механизмами утомления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мавлиев, Ф. А. Изменения гемодинамических и стабилеографических показателей при ортостатических воздействиях у спортсменов, занимающихся борьбой / Ф. А. Мавлиев, А. С. Назаренко, Ф. Р. Зотова, А. А. Набатов // Теория и практика физической культуры. – 2015. – № 11. – С. 21-23.
2. Мельников, А. А. Устойчивость позы во время статического напряжения до и после субмаксимального аэробного велоэргометрического теста у спортсменов / А. А. Мельников, А. А. Савин, Л. В. Емельянова, А. Д. Викулов // Физиология человека. – 2012. – Том 38. – № 2. – С. 66-72.
3. Назаренко, А. С. Влияние ступенчато-возрастающей нагрузки на статокINETическую систему хоккеистов и футболистов / А. С. Назаренко, Н. Ш. Хаснутдинов, А. С. Чинкин // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2014. – № 3 (27). – С. 176-185.
4. Николаев, Р. Ю. Эффект влияния субмаксимальной анаэробной нагрузки ног и рук на систему постурального контроля и анализ механизмов её восстановления / Р. Ю. Николаев, А. А. Мельников // Вестник удмуртского университета. – 2014. – № 1. – С. 106-111.

BIBLIOGRAPHY

1. Mavliev, F. A. Changes in hemodynamic and stabilographic characteristics at orthostatic tests of athletes practicing wrestling / F. A. Mavliev, A. S. Nazarenko, F. R. Zotova, A. A. Nabatov // Theory and practice of physical culture. – 2015. – № 11. – P. 21-23.
2. Melnikov, A. A. Stability of posture during static tension before and after submaximal aerobic bicycle ergometric test in athletes / A. A. Melnikov, A. A. Savin, L. V. Emelyanova, A. D. Vikulov // Human physiology. – 2012. – Vol. 38. – № 2. – P. 66-72.
3. Nazarenko, A. S. Influence of stepwise increasing load on statokinetic system of hockey and soccer

5. Asseman, F. B. Are there specific conditions for which expertise in gymnastics could have an effect on postural control and performance? / F. B. Asseman, O. Caron, J. Cremieux // Gait Posture. – 2008. – № 27. – P. 76-81.
6. Pedersen, J. Localized muscle fatigue decreases the acuity of the movement sense in the human shoulder / J. Pedersen, J. Lonn, F. Hellstrom // Medicine & Science in Sports & Exercise. – 1999. – Vol. 31. – P. 1047-1052.
7. Pinsault, N. Differential postural effects of plantarflexor muscles fatigue under normal, altered and improved vestibular and neck somatosensory conditions / N. Pinsault, N. Vuillerme // Experimental Brain Research. – 2008. – Vol. 191. – P. 99-107.
8. Strang, A. J. The effect of exhausting aerobic exercise of the timing of anticipatory postural adjustments / A. J. Strang, H. J. Choi, W. P. Berg // Sports Med. And Phys. Fitness. – 2008. – № 1. – P. 9-16.
9. Taylor, J. L. A comparison of central aspects of fatigue in submaximal and maximal voluntary contractions / J. L. Taylor, S. C Gandevia. // Journal of Applied Physiology. – 2008. – Vol. 104. – P. 542-550.
10. Vuillerme, N. Muscle fatigue degrades force sense at the ankle joint / N. Vuillerme, M. Boisgontier // Gait Posture. – 2008. – Vol. 28. – P. 521-524.

- players / A. S. Nazarenko, N. Sh. Hasnutdinov, A. S. Chinkin // Bulletin of Tomsk State University. Biology. – 2014. – № 3 (27). – P. 176-185.
4. Nikolaev, R. Yu. The effect of submaximal anaerobic load of the feet and hands on the postural control system and analysis of the mechanisms of its restoration / R. Yu. Nikolaev, A. A. Melnikov // Bulletin of the Udmurt University. – 2014. – № 1. – P. 106-111.
5. Asseman, F. B. Are there specific conditions for which expertise in gymnastics could have an effect on postural control and performance? / F. B. Asseman, O. Caron, J. Cremieux // Gait Posture. – 2008. – № 27. – P. 76-81.
6. Pedersen, J. Localized muscle fatigue decreases the

- acuity of the movement sense in the human shoulder / J. Pedersen, J. Lonn, F. Hellstrom // *Medicine & Science in Sports & Exercise*. – 1999. – Vol. 31. – P. 1047-1052.
7. Pinsault, N. Differential postural effects of plantar-flexor muscles fatigue under normal, altered and improved vestibular and neck somatosensory conditions / N. Pinsault, N. Vuillerme // *Experimental Brain Research*. – 2008. – Vol. 191. – P. 99-107.
 8. Strang, A.J. The effect of exhausting aerobic exercise of the timing of anticipatory postural adjustments / A. J. Strang, H. J. Choi, W. P. Berg // *Sports Med. And Phys. Fitness*. – 2008. – № 1. – P. 9-16.
 9. Taylor, J. L. A comparison of central aspects of fatigue in submaximal and maximal voluntary contractions / J. L. Taylor, S. C Gandevia. // *Journal of Applied Physiology*. – 2008. – Vol. 104. – P. 542-550.
 10. Vuillerme, N. Muscle fatigue degrades force sense at the ankle joint / N. Vuillerme, M. Boisgontier // *Gait Posture*. – 2008. – Vol. 28. – P. 521-524.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Назаренко Андрей Сергеевич – кандидат биологических наук, доцент кафедры медико-биологических дисциплин Поволжской государственной академии физической культуры, спорта и туризма.

Мавлиев Фанис Азгатович – кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры медико-биологических дисциплин Поволжской государственной академии физической культуры, спорта и туризма