

УДК 796.01:612

СТАТОКИНЕТИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ФУТБОЛИСТОВ ПОСЛЕ СТУПЕНЧАТО ВОЗРАСТАЮЩЕЙ НАГРУЗКИ ДО МАКСИМАЛЬНОЙ АЭРОБНОЙ МОЩНОСТИ

А.С. Назаренко, Ф.А. Мавлиев

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

Для связи с авторами: Hard@inbox.ru

Аннотация:

Исследовали функцию равновесия футболистов до и после ступенчато возрастающей нагрузки до уровня максимального потребления кислорода. Установлено, что под влиянием нагрузочного теста статокINETическая устойчивость футболистов снижается, что отражается на увеличении стабิโลграфических показателей и снижении интегрального показателя «качество функции равновесия». Данные изменения, по всей видимости, обусловлены развитием утомления в центральной и периферической нервной системе, метаболическими сдвигами, а также усиленной работой кардиореспираторной системы. В пользу последнего предположения выступает наличие корреляционных связей стабิโลграфических параметров с показателями дыхания.

Ключевые слова: статокINETическая устойчивость, аэробная работоспособность, максимальная аэробная мощность, физическое утомление, стабิโลграфические показатели, равновесие тела, спортсмены.

STATOKINETIC STABILITY OF FOOTBALL PLAYERS AFTER THE STEP INCREASING LOADING TO THE MAXIMUM AEROBIC POWER

A.S. Nazarenko, F.A. Mavliev

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

Abstract:

We investigated the function of football players' balance before and after the step-up load to the level of maximum oxygen consumption. It is established that under the influence of the stress test the statokinetic stability of the players is reduced, which is reflected in the increase of the stabilographic indices and the decrease of the integral index «quality of the equilibrium function». The reduction of statokinetic stability of football players was determined most likely due to the development of fatigue in the central and peripheral nervous system, as well as the increased work of the cardiorespiratory system and metabolic shifts. In favor of the last assumption the presence of correlations between the stabilographic parameters and the respiration rates comes out.

Key words: Statokinetic stability, aerobic performance, maximum aerobic capacity, physical fatigue, stabilographic indices, body balance, athletes.

ВВЕДЕНИЕ

Способность к сохранению равновесия человека обеспечивает многоуровневая статокINETическая система, которая состоит из скелетно-мышечного, сенсорного и центрально-нервного отдела [7, 10]. СтатокINETическая устойчивость спортсменов может существенно снижаться во время тренировочной и соревновательной деятельности в связи с развитием нейромышечного или сенсорного утомления [5, 6]. При этом одним из факторов, вызывающих снижение статокINETической устойчивости спортсменов и повы-

шение скорости колебания центра давления после физической нагрузки, является повышенная активность сердечно-сосудистой и дыхательной систем [15]. В то же время в состоянии относительного покоя непосредственное влияние на скорость колебания центра давления человека обнаружено со стороны сердечно-сосудистой деятельности, в частности во время работы венозного насоса [9]. Однако регуляция функции равновесия спортсменов после ступенчато возрастающей нагрузки до достижения максимального потребления кислорода недостаточно ис-

следована, как и взаимосвязи между стабиллографическими показателями и параметрами кардиореспираторной системы, что делает данную тему актуальной.

Целью нашей работы явилось изучение влияния ступенчато возрастающей нагрузки до достижения уровня максимального потребления кислорода на статокINETическую систему футболистов и выявление возможных связей между стабиллографическими показателями и параметрами системы дыхания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследованиях участвовали 12 человек мужского пола, занимающихся футболом и имеющих спортивную квалификацию от первого разряда до кандидата в мастера спорта РФ. Функциональное состояние статокINETической системы оценивали на стабиллографическом аппаратно-программном комплексе «Стабилан 01-2» (ЗАО «ОКБ» «Ритм», Россия) путем анализа колебаний центра давления (ЦД). Испытуемый выполнял стабиллографический пробы с открытыми глазами (52 сек), а затем нагрузочное тестирование со ступенчато возрастающей мощностью на велоэргометре eBike (Германия), величина которой на первой ступени составляла 30 Вт (длительность 3 мин) и на последующих ступенях (длительность 1 мин) увеличивалась на 15 Вт. Показатели системы дыхания определяли с помощью автоматического газоанализатора ADInstruments «Power Lab» РТК 14 (Австралия). Регистрировали частоту дыхания (ЧД), потребление O_2 , легочную вентиляцию (ЛВ). По окончании ступенчато возрастающей нагрузки испытуемый сразу же выполнял стабиллографическую пробу. Для оценки влияния мышечной нагрузки на статокINETическую систему футболистов показатели стабиллографического теста до нагрузочного тестирования сравнивали с показателями, полученными после него.

Были использованы следующие показатели: Q_x , мм – разброс по фронтальной плоскости; Q_y , мм – разброс по сагиттальной плоскости; R, мм – средний разброс; V_{cp} , мм/сек – средняя скорость перемещения центра давления;

V_s , мм²/с – скорость изменения площади статокINETограммы; $S_{ELL,S}$, мм² – площадь эллипса статокINETограммы; КФР, % – качество функции равновесия.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программы SPSS 20, статистическую значимость различий значений выборки определяли с использованием Т-критерия Стьюдента для множественных сравнений. Корреляционный анализ проводился по методу Бравэ-Пирсона (в зависимости от характера распределения значений в выборке). 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

По данным стабиллографической пробы до нагрузки, скорость колебания центра давления у футболистов низкая и стабиллографические показатели статокINETической устойчивости находятся в пределах нормы. Одним из важных информативных стабиллографических показателей, характеризующих статокINETическую систему человека, является интегральный показатель «качество функции равновесия» (КФР), который у футболистов был выше среднего значения, что свидетельствует о лучшей устойчивости. При этом интегральный показатель «КФР» в значительной степени обусловлен генетическими факторами и может рассматриваться как перспективный критерий спортивного отбора [13].

Двигательная стратегия поддержания вертикальной позы человека характеризует применяемый тип согласованных движений в голеностопном, коленном и тазобедренном суставах применительно к контролю положения центра давления для сагиттальной и фронтальной плоскости [11]. В состоянии относительного покоя для поддержания вертикального положения тела человека используется голеностопная стратегия, в которой тело балансирует в голеностопном суставе. Для сохранения равновесия человека при быстрых балансирующих движениях или в сложных

условиях поддержания равновесия используется тазобедренная стратегия, при которой основные движения для удержания вертикальной позы производятся в тазобедренных суставах. Имеются и промежуточные стратегии с включением коленных суставов [8, 11]. При этом человек может синтезировать различные постуральные движения с сочетанием стратегий для регуляции функции равновесия как в состоянии относительного покоя, так и под влиянием различных условий, приводящих к нарушению равновесия.

Под влиянием нагрузки у футболистов произошло увеличение скорости колебания центра давления, что повлияло на рост стабильнографических показателей и снижение интегрального показателя «КФР» ($p < 0,05-0,001$). Снижение статокINETической устойчивости футболистов после нагрузки может быть обусловлено локализацией утомления в центральной и периферической нервной системе [3]. При этом усиленная работа кардиореспираторной системы, вызванная мышечной нагрузкой, приводит к усиленному движению жидких масс в полостях и в кровеносных сосудах, а также к повышению частоты дыхания, что в целом вызывает увеличение колебания центра давления и снижение статокINETической устойчивости у футболистов [4, 12]. В то же время под влиянием нагрузочного теста в работающих мышцах происходят метаболические и температурные изменения, которые, возможно, приводят к снижению проприоцептивной чувствительности и регу-

ляции постурального контроля [10, 16].

Для выявления влияния дыхательных движений на статокINETическую систему футболистов мы провели корреляционный анализ между параметрами системы дыхания и стабильнографическими показателями. Обнаружено, что средний показатель ЧД был связан со скоростью перемещения центра давления ($r=0,83$, $p < 0,01$), показатель ЛВ в наибольшей степени был связан с разбросом по фронтальной плоскости ($r=0,72$, $p < 0,05$) и средней скоростью перемещения центра давления ($r=0,86$, $p < 0,01$), а показатель VO_2 имел взаимосвязи с разбросом по фронтальной плоскости ($r=0,78$, $p < 0,05$) и средней скоростью перемещения центра давления ($r=0,81$, $p < 0,05$). Данные о влиянии параметров дыхания на статокINETическую систему человека согласуются с результатами других работ [1, 2, 3, 15], в которых было зарегистрировано увеличение скорости колебания центра давления стоп человека при произвольном усилении и учащении дыхания. Все эти корреляции свидетельствуют о том, что происходит компенсация колебаний центра давления, которая реализуется, по всей видимости, с помощью тазобедренной стратегии, которая снижает или подавляет влияние дыхательных движений [8]. Основную роль в тазобедренной стратегии несут мышцы бедра, которые включают сложные движения во фронтальной плоскости, выполняемые бессознательно для повышения устойчивости вертикальной позы в данной плоскости после мышечной нагруз-

Таблица 1 – Стабильнографические параметры и показатели системы дыхания у футболистов (M±s)

Показатели	Стабильнографическая показатели и параметры системы дыхания до ступенчато возрастающей нагрузки	Стабильнографическая показатели и параметры системы дыхания после ступенчато возрастающей нагрузки
Q_{x2} , мм	2,35±0,45	3,21±0,62 *
Q_{y2} , мм	3,20±0,47	4,56±0,38 *
R, мм	3,97±0,82	5,83±1,02 *
V_{CP} , мм/сек	7,20±1,60	12,36±3,62 *
V_S , мм ² /с	9,15±9,39	15,56±4,03 *
S_{ELLS} , мм ²	72,11±18,76	251,89±68,46 *
КФР, %	88,48±5,35	80,49±6,41 *
ЧД, цикл/ мин	9,13±1,81	41,88±5,72 *
ЛВ, л/мин	6,71±2,34	111,94±28,02 *
VO_2 (л/мин)	0,27±0,13	4,47±0,78 *

Примечание: * - $p < 0,05$; 0,01; 0,001 – статистически значимые изменения под влиянием ступенчато возрастающей нагрузки

ки и снижения влияния дыхательных движений на функцию равновесия спортсмена [2]. В свою очередь, при включении тазобедренной стратегии совершается значительная работа для поддержания равновесия человека, которая требует значительного напряжения от нервной системы и опорно-двигательного аппарата. Данное утверждение подтверждается исследованием [1], в котором производилась синхронная регистрация дыхательных экскурсий, движений в тазобедренных суставах, стабилеографических показателей регуляции вертикальной позы и показано, что дыхательные движения успешно компенсируются и подавляются противофазными движениями в тазобедренных суставах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Под влиянием нагрузки на уровне максимального потребления кислорода происходит снижение стаатокинетической устойчивости футболистов, что проявляется в увеличении стабилеографических показателей и снижении функции равновесия. Снижение функции равновесия футболистов, возможно, обусловлено, с одной стороны, локализацией

утомления в центральной и периферической нервной системе, а с другой – усиленной работой сердечно-сосудистой и дыхательной систем, а также снижением импульсации проприорецепторов утомленных постуральных мышц вследствие метаболических сдвигов. Возможное влияние системы дыхания на стаатокинетическую устойчивость футболистов подтверждается наличием корреляционных связей стабилеографических параметров с показателями дыхания. При этом показатели ЧД, АВ и VO_2 вносят существенный вклад в снижение вертикальной устойчивости футболистов. Для полноценного раскрытия темы, связанной с влиянием физических нагрузок на качество функции равновесия, необходимы исследования с использованием нагрузок, моделирующих спортивную деятельность, в частности, с использованием нагрузок скоростно-силовой и силовой направленности с различной мышечной локализацией – для представителей игровых видов спорта, единоборств и подобных им, и длительных подпороговых (до ПАНО) – для представителей циклических видов спорта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гурфинкель, В. С. Механизмы поддержания вертикальной позы / В. С. Гурфинкель, Ю. С. Левик // Сборник статей по стабилеографии. – Таган-рог : ЗАО «ОКБ «РИТМ», 2006. – С. 5-11.
2. Денискина, Н. В. Изучение роли мышц голени и бедра в регуляции позы человека во фронтальной плоскости при стоянии / Н. В. Денискина // Материалы Российской конференции по биомеханике. – М., 1999. – № 2. – С. 45-46
3. 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.
4. Bizid, R. Effects of knee and ankle muscle fatigue on postural control in the unideal stance / R. Bizid, E. Margnes, Y. Francois and others // European Journal of Applied Physiology. – 2009. – Vol. 106. – P. 375-380.
5. Edwards, W. T. Effect of joint stiffness on standing stability / W. T. Edwards // Gait Posture. – 2007. – Vol. 25, № 3. – P. 432-439.
6. Gutierrez, G. M. Effect of fatigue on neuromuscular function at the ankle / G. M. Gutierrez, N. D. Jackson, K. A. Dorr, S. E. Margiotta, T. W. Kaminski // J. Sport Rehabil. – 2007. – Vol.16, № 4. – P. 295-306.
7. Hiemstra, L. A. Effect of fatigue on knee proprioception: implications for dynamic stabilization / L. A. Hiemstra, I. K. Lo, P. J. Fowler // J. Orthop. Sports Phys. Ther. – 2001. – Vol. 31, № 10. – P. 598-605.
8. Horak, F. B. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? / F. B. Horak // Age and Ageing. – 2006. – V. 35, Suppl. 2. – P. 7-11.
9. Imamura, K. Role of postural sway as a compensatory mechanism for gravitational stress on the cardiovascular system / K. Imamura, T. Mano, S. Iwase // Gait & Posture. – 1999. – Vol.1. – № 9. – P. 5.
10. Mello, R. G. Anticipation mechanism in body sway control and effect of muscle fatigue / R. G. Mello, L. F. Oliveira, J. Nadal // J. Electromyogr. Kinesiol. – 2007. – Vol. 17, № 6. – P. 739-746.
11. Nashner, L. M. Computerized dynamic posturography / L. M. Nashner // Handbook of balance function and testing. – St. Louis : Mosby Year book, 1993. – P. 280-307.
12. 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.
13. Usatchev, V. I. Stabilometric testing of a postural system / V. I. Usatchev, S. S. Sliva, V. E. Belyaev // Gait

and posture. – 2005. – Vol. 21. – № 1. – P. 151.

14. Vuillerme, N. Muscle fatigue degrades force sense at the ankle joint / N. Vuillerme, M. Boisgontier // *J. Gait Posture.* – 2008. – Vol. 28. – P. 521-524.
 15. Zemková, E. Postural Sway Response to Different Forms of Resistance Exercise / E. Zemková, D. Hamar // *International Journal of Applied Sports Sciences.* – 2005. – Vol. 17, № 1. – P. 1-6.
 16. Zhang, L. Q. Reflex and intrinsic changes induced by fatigue of human elbow extensor muscles / L. Q. Zhang, W. Z. Rymer // *J. Neurophysiol.* – 2001. – Vol. 86, №3. – P. 1086-1094.
- BIBLIOGRAPHY**
1. Gurfinkel, V. S. Mechanisms to maintain a vertical posture / V.S. Gurfinkel, Yu. S. Levik // *Collected papers on stabilography.* – Tagan-Rock : ZAO OKB RITM, 2006. – P. 5-11.
 2. Deniskina, N. V. The study of the role of the muscles of the lower leg and thigh in the regulation of the human posture in the frontal plane when standing / N.V. Deniskina // *Materials of the Russian Conference on Biomechanics.* – M., 1999. – No. 2. – P. 45-46.
 3. Nikolaev, R. Yu. Effekt of influence of the submaximum anaerobic load of legs and hands on system of posturalny control and analysis of mechanisms of her restoration / R. Yu. Nikolaev, A. A. Melnikov // *Udmurt University Herald.* – 2014. – № 1. – P. 106-111.
 4. Bizid, R. Effects of knee and ankle muscle fatigue on postural control in the unideal stance / R. Bizid, E. Margnes, Y. Francois and others // *European Journal of Applied Physiology.* – 2009. – Vol. 106. – P. 375-380.
 5. Edwards, W. T. Effect of joint stiffness on standing stability / W.T. Edwards // *Gait Posture.* – 2007. – Vol. 25, № 3. – P. 432-439.
 6. Gutierrez, G. M. Effect of fatigue on neuromuscular function at the ankle / G. M. Gutierrez, N. D. Jackson, K. A. Dorr, S. E. Margiotta, T. W. Kaminski // *J. Sport. Rehabil.* – 2007. – Vol.16, № 4. – P. 295-306.
 7. Hiemstra, L. A. Effect of fatigue on knee proprioception: implications for dynamic stabilization / L. A. Hiemstra, I. K. Lo, P. J. Fowler // *J. Orthop. Sports. Phys. Ther.* – 2001. – Vol. 31, № 10. – P. 598-605.
 8. Horak, F. B. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of a balance to prevent falls? / F. B. Horak // *Age and Ageing.* – 2006. – V. 35, Suppl. 2. – P. 7-11.
 9. Imamura, K. Role of postural sway as a compensatory mechanism for gravitational stress on the cardiovascular system / K. Imamura, T. Mano, S. Iwase // *Gait & Posture.* – 1999. – Vol.1, № 9. – P. 5.
 10. Mello, R. G. Anticipation mechanism in body sway control and effect of muscle fatigue / R. G. Mello, L. F. Oliveira, J. Nadal // *J. Electromyogr. Kinesiol.* – 2007. – Vol. 17, № 6. – P. 739-746.
 11. Nashner, L. M. Computerized dynamic posturography / L. M. Nashner // *Handbook of balance function and testing.* – St. Louis : Mosby Year book, 1993. – P. 280-307.
 12. 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.
 13. Usatchev, V. I. Stabilometric testing of a postural system / V. I. Usatchev, S. S. Sliva, V. E. Belyaev // *Gait and posture.* – 2005. – Vol. 21, № 1. – P. 151.
 14. Vuillerme, N. Muscle fatigue degrades force sense at the ankle joint / N. Vuillerme, M. Boisgontier // *J. Gait Posture.* – 2008. – Vol. 28. – P. 521-524.
 15. Zemková, E. Postural Sway Response to Different Forms of Resistance Exercise / E. Zemková, D. Hamar // *International Journal of Applied Sports Sciences.* – 2005. – Vol. 17, № 1. – P. 1-6.
 16. Zhang, L. Q. Reflex and intrinsic changes induced by fatigue of human elbow extensor muscles / L. Q. Zhang, W. Z. Rymer // *J. Neurophysiol.* – 2001. – Vol. 86, №3. – P. 1086-1094.

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.