

УДК 796.01:612

А.С. Назаренко, Н.Ш. Хаснутдинов, А.С. Чинкин*Поволжская государственная академия физической культуры,
спорта и туризма, г. Казань, республика Татарстан, Россия*

Влияние ступенчато-возрастающей нагрузки на статокINETическую систему хоккеистов и футболистов

Показано, что в пробе Ромберга с открытыми глазами различий в системе поддержания равновесия между хоккеистами и футболистами практически не выявлялось. Наиболее значимые сдвиги стабиллометрических показателей как у спортсменов, так и у неспортсменов нами наблюдались под влиянием ступенчато-возрастающей нагрузки, свидетельствуя о важной роли мышечного утомления в снижении статокINETической устойчивости. Однако стабиллометрические показатели под влиянием ступенчато-возрастающей нагрузки статистически значимо меньше изменялись у хоккеистов, чем у футболистов, что связано со спецификой их двигательной деятельности и более совершенной вестибулярной и проприоцептивной системы. В контроле выявлен более низкий уровень поддержания равновесия тела, чем у спортсменов, который в значительно большей степени ухудшился под влиянием ступенчато-возрастающей нагрузки.

Ключевые слова: статокINETическая устойчивость; стабиллометрические показатели; ступенчато-возрастающая нагрузка; равновесие тела; физическое утомление; спортсмены.

Введение

Функциональное состояние статокINETической системы может существенно нарушаться под влиянием общей [1] и локальной физической нагрузки [2, 3], а также под воздействием многочисленных механических сил, возникающих как инерционные результирующие при угловых, линейных и кориолисовых ускорениях. Эти факторы приводят к снижению вестибулярной устойчивости [4], а также изменяют проприоцептивную чувствительность, центральную интеграцию сенсорной информации и генерацию мышечного напряжения, что приводит к снижению физической работоспособности спортсмена [2, 5].

Особенно высокие требования предъявляются к спортсменам в футболе и хоккее. В условиях наличия контакта с противником и жесткого единоборства им постоянно приходится совершать ускорения и различного рода повороты и вращения, сохраняя равновесие и хорошую координацию движений, что обусловлено высоким развитием статокINETической функции. При сниженной статокINETической устойчивости высокие спортивные результаты в спортивных играх, как правило, невозможны, так как быстро наступает

потеря точности при приеме и передаче мяча, при бросках в корзину или по воротам, возникают тактические ошибки [6].

В настоящее время имеется достаточное количество научных работ о влиянии различных функциональных проб на стадокинетическую систему спортсменов разных видов спорта [2, 4, 7]. Однако величины изменений стабилومترических показателей стадокинетической устойчивости спортсменов разных видов спорта под влиянием ступенчато-возрастающей нагрузки остаются мало изученными, что при недостаточной устойчивости стадокинетической системы и низкой физической работоспособности может привести к снижению устойчивости вертикального положения тела, потере ориентации в пространстве, нарушению координации движений в статических и динамических условиях.

Целью нашей работы является изучение влияния ступенчато-возрастающей нагрузки на стадокинетическую систему спортсменов, занимающихся хоккеем и футболом.

Материалы и методики исследования

Исследования проведены на базе учебно-научной лаборатории кафедры медико-биологических дисциплин Поволжской государственной академии физической культуры, спорта и туризма. В исследованиях участвовали 63 человека мужского пола, 36 из которых занимаются ситуационными видами спорта – хоккеем ($n = 18$) и футболом ($n = 18$). При спортивном стаже не менее 8 лет они имеют спортивную квалификацию от первого разряда до мастера спорта России. Контрольная группа состояла из студентов, не занимающихся спортом ($n = 27$). Все исследуемые были практически здоровы и не имели ограничений для занятий спортом.

Исследования проводились в соревновательном периоде годичного тренировочного цикла. Оценку функционального состояния стадокинетической системы производили на стабилографическом аппаратно-программном комплексе «Стабилан 01-2» (ЗАО «ОКБ» «Ритм», Россия) путем анализа колебания центра давления. Устойчивость стадокинетической системы оценивали до и после ступенчато-возрастающей нагрузки. Испытуемый выполнял пробу Ромберга с открытыми глазами (52 с). После стабилографического теста испытуемый выполнял ступенчато-возрастающую нагрузку на велоэргометре «Еbike» (Германия) до достижения ЧСС, превышающей в конце ступени 170 уд/мин. Величина нагрузки на первой ступени составила 60 Вт (длительность 3 мин) и увеличивалась на 30 Вт на последующих ступенях (длительность 1 мин). ЧСС во время работы фиксировали с помощью пульсометра «POLAR FT7» (Финляндия). По окончании нагрузки испытуемый сразу же становился на стабилографическую платформу и выполнял тест Ромберга с открытыми глазами. Для оценки влияния ступенчато-возрастающей нагрузки на стадокинетическую систему спортсменов стабилографические показатели в тесте Ромберга с открытыми глазами сравнивали с показателями, полученными после велоэргометрического теста (таблица).

**Стабилографические показатели пробы Ромберга с открытыми глазами
до и после ступенчато-возрастающей нагрузки (M ± σ) /**

**Stabilographic indicators of Romberg's tests with open eyes
before and after stepwise increasing load (M ± σ)**

Показатели / Indicators	Проба Ромберга с открытыми глазами / Romberg's test with open eyes			Проба Ромберга с открытыми глазами после ступенчато- возрастающей нагрузки / Romberg's test with open eyes after stepwise increasing load		
	Контроль / Control	Футбол / Football	Хоккей / Hockey	Контроль / Control	Футбол / Football	Хоккей / Hockey
Q_{x_1} , мм / Q_{x_2} , mm	2,66±0,59	2,14±0,64	2,45±0,71	3,78±0,94*	3,62±0,77*	3,43±0,67*
Q_{y_1} , мм / Q_{y_2} , mm	4,28±0,89#	3,86±0,81	3,41±0,67	7,05±1,00*#	4,97±0,79*	4,85±0,91*
R, мм / R, mm	4,25±1,12	4,64±2,60	3,79±1,31^	9,04±98,13#	7,84±1,52*	5,96±0,81*^
$V_{ср}$, мм/с / V_{AV} , mm/sec	8,17±2,06#	6,21±1,77	4,49±2,68^	14,48±1,72*#	11,69±1,39*	9,06±2,27*^
V_s , мм ² /с / V_s , mm ² /sec	12,42±5,77#	8,11±3,67	7,26±3,38	23,24±6,86*#	13,07±3,34*	11,30±1,86*
$S_{элл}$, мм ² / S_{ell} , mm ²	113,06±30,0#	86,99±32,86	68,01±20,95^	478,01±70,26*#	312,56±33,18*	224,09± ±35,26*^
IV, усл. ед. / IV, cond. units	6,26±1,05#	4,11±0,67	5,20±1,35	9,56±3,50*#	7,47±1,74*	6,80±1,49*
OD, усл. ед. / OD, cond. units	43,41±11,75	39,37±8,94	44,25±13,70	50,59±10,44*#	43,09±10,85*	42,12±12,14
КФР, % / QBF, %	78,84±5,03#	91,27±3,24	91,56±2,89	69,59±7,19*#	76,69±5,28*	80,53 ±3,72*^
КРИНД, % / KRIND, %	14,65±6,03#	11,55±5,70	10,01±3,53	24,77±5,47*#	19,87±6,51*	16,91 ±4,10*^
НПВ, мм ² /с / NPV, mm ² /sec	0,21±0,09	0,12±0,46	0,17±0,11	0,45±0,72	0,29±0,67*	0,27±0,81*
СЛС, мм/с / SLS, mm ² /sec	8,92±1,80#	6,48±1,13	5,93±1,61	27,90±8,62*#	12,71±2,42*	10,37 ±1,62*^

Условные обозначения: * – статистические значимые изменения после ступенчато-возрастающей нагрузки по сравнению с тестом с открытыми глазами соответствующей группы ($p < 0,05-0,001$), # – значимость различий с показателями спортсменов в тесте с открытыми глазами до и после ступенчато-возрастающей нагрузки ($p < 0,05-0,001$), ^ – значимость различий с показателями футболистов в тесте с открытыми глазами до и после ступенчато-возрастающей нагрузки ($p < 0,05-0,001$) /

Symbols: * - statistically significant changes after stepwise increasing load in comparison with the open eyes test of the corresponding group ($p < 0.05-0.001$); # - statistically significant differences with the athletes' performance in the test with their open eyes before and after stepwise increasing load ($p < 0.05-0.001$); ^ - statistically significant differences with the indicators of football players in the test with their open eyes before and after stepwise increasing load ($p < 0.05-0.001$).

Для анализа статокINETической устойчивости тела в вертикальной позе до и после ступенчато-возрастающей нагрузки использовали следующие стабиллографические показатели колебаний центра давления (ЦД): Q_x , мм – разброс по фронтальной плоскости; Q_y , мм – разброс по сагиттальной плоскости; R , мм – средний разброс; $V_{ср}$, мм/с – средняя линейная скорость колебания центра давления; V_s , мм²/с – скорость изменения площади статокинезиграммы; ELLS, мм² – площадь доверительного эллипса статокинезиграммы; IV, усл. ед. – индекс скорости; OD, усл. ед. – оценка движения; КФР, % – качество функции равновесия; КРИНД, % – коэффициент резкого изменения направления движения; НПВ, мм²/с – нормированная площадь векторограммы; СЛС, мм/с – среднее значение линейной скорости в процессе исследования.

Результаты представлены как средняя арифметическая выборки (M) \pm стандартное отклонение (σ). Статистическую значимость различий между группами спортсменов и контроля определяли с помощью t-критерия Стьюдента для связанных и несвязанных выборок. Проверку на нормальность распределения в выборке определяли с помощью критерия Колмогорова–Смирнова. Обработка данных осуществлялась в программе «SPSS 20».

Результаты исследования и обсуждение

Во многих научных работах показано, что спортсмены имеют более совершенную функцию регуляции равновесия тела как в обычных условиях до физической нагрузки, так и на фоне физического утомления по сравнению с неспортсменами. Однако сравнительный анализ стабиллографических показателей статокINETической устойчивости высококвалифицированных спортсменов, занимающихся футболом и хоккеем, в состоянии относительного покоя и под влиянием ступенчато-возрастающей нагрузки полностью не исследован. В свою очередь эффективность двигательных действий спортсмена в ситуационных видах спорта во многом зависит от устойчивости системы равновесия, особенно от вестибулярного аппарата, который имеет одно из ведущих значений в статокINETической системе человека, являясь информатором о положении гравитационной вертикали при перемещении тела, обеспечивая его ориентацию и перераспределение мышечного тонуса [6]. Все это диктует необходимость повышения функциональных возможностей статокINETической системы спортсмена, обеспечивающей ее адекватные реакции на окружающую среду [6], и существенно повышает значимость нашего исследования, направленного на изучение роли статокINETической системы футболистов и хоккеистов для достижения высоких спортивных результатов.

В наших экспериментах в пробе Ромберга с открытыми глазами большинство стабиллометрических показателей у хоккеистов и футболистов не отличались, однако средний разброс, средняя скорость перемещения центра давления и площадь эллипса были меньше у хоккеистов ($p < 0,01-0,001$), что

отражает более совершенную регуляцию равновесия тела, обусловленную повышенной проприоцептивной чувствительностью постуральных мышц. Еще более высокие показатели $V_{ср}$, V_s , $S_{элл}$, IV, КРИНД, СЛС и меньший показатель КФР были выявлены в контроле ($p < 0,05-0,001$), что характеризует низкую способность к сохранению вертикального положения тела по сравнению со спортсменами (см. таблицу).

Наши данные о способности поддерживать вертикальное положение тела в пробе Ромберга с открытыми глазами у спортсменов и неспортсменов противоречат данным одних исследователей [1, 7–9], показавшим одинаковую способность к поддержанию вертикальной позы, и согласуются с данными других [10, 11]. Следует заметить, что в результате систематических тренировок у хоккеистов и футболистов повышается устойчивость регуляторных механизмов равновесия тела вследствие адаптации рецепторов вестибулярного анализатора, что минимизирует амплитуду качания тела и увеличивает устойчивость при выполнении простых и сложных движений статического и динамического характера. Можно также предположить, что статистически значимые различия в способности к сохранению равновесия тела в пробе Ромберга с открытыми глазами между спортсменами и неспортсменами могут быть связаны с высокой спортивной квалификацией спортсменов, что согласуется с данными об уменьшении площади эллипса и увеличении качества функции равновесия с ростом квалификации спортсменов [12].

Под влиянием ступенчато-возрастающей нагрузки у спортсменов и неспортсменов произошло увеличение большинства стабилметрических показателей ($p < 0,05-0,001$). Это повлияло на снижение интегрального показателя «качество функции равновесия», который дает представление о минимальной скорости изменения центра давления. Чем выше значение этого показателя, тем выше способность к поддержанию равновесия.

Снижение статокINETической устойчивости после ступенчато-возрастающей нагрузки может быть обусловлено как общими механизмами, так и специфическими, связанными с общей локализацией утомления в центральной нервной системе [13]. Общий механизм, возможно, обусловлен усиленной работой дыхательной и сердечно-сосудистой системы после мышечной нагрузки, что вызывает увеличение колебаний тела [2]. Специфические механизмы утомления, вероятно, связаны с метаболическими факторами утомления, накапливающимися в рабочих мышцах, что нарушает чувствительность проприоцептивной системы в этих мышцах и в целом статокINETическую устойчивость [2, 3, 13]. По мнению авторов [13], периферическое утомление в любых мышечных регионах влияет на центральную интеграцию и анализ поступающей сенсорной информации, что ведет к снижению статокINETической устойчивости спортсмена.

В полном соответствии с этим положением после ступенчато-возрастающей нагрузки у хоккеистов и футболистов устойчивость вертикального по-

ложения тела снизилась, что проявляется в увеличении стабилографических показателей (см. таблицу). Однако степень увеличения среднего разброса, средней скорости перемещения центра давления, площади эллипса, коэффициента резкого изменения направления движения, средней линейной скорости после мышечной нагрузки у хоккеистов менее выражена, чем у футболистов ($p < 0,05-0,001$). Меньшая величина среднего разброса, коэффициента резкого изменения направления движения и площади эллипса у хоккеистов отражает более высокий уровень регуляции вертикального положения тела и оптимальность затрат в процессе удержания равновесия. Меньшая величина средней скорости перемещения центра давления и средней линейной скорости указывает на высокое качество работы системы управления движениями и повышенную проприоцептивную чувствительность постуральных мышц, что увеличивает интегральный показатель «качество функции равновесия» и статокINETическую устойчивость хоккеистов. Более высокая статокINETическая устойчивость и проприоцептивная чувствительность постуральных мышц хоккеистов до и после ступенчато-возрастающей нагрузки связаны со спецификой их двигательной деятельности, особенно с удержанием равновесия тела на скользкой опоре, а также с адаптацией рецепторов вестибулярного аппарата к различным видам ускорений, действующих на него в ходе систематических тренировок.

В контроле прирост большинства стабилографических показателей после мышечной нагрузки был значительно больше, чем у спортсменов, что привело к статистически значимым различиям в показателях Q_y , R , $V_{ср}$, V_s , IV , OD , $S_{элл}$, КФР, КРИНД, НПВ, СЛС ($p < 0,05-0,001$) между контрольными испытуемыми и спортсменами, что обусловлено выраженным развитием утомления, накоплением молочной кислоты в рабочих мышцах, а также низким уровнем статокINETической устойчивости и физической работоспособности. В свою очередь, спортсмены имеют более высокий уровень статокINETической устойчивости и физической работоспособности, так как они смогли показать более высокую мощность ступенчато-возрастающей нагрузки на велоэргометре по сравнению с неспортсменами. Высокая сила мышц ног у спортсменов вносит значимый вклад в поддержание вертикального положения тела при статических и динамических нагрузках, что, вероятно, связано со спецификой их двигательной деятельности и изменением значимости проприоцептивной афферентации от суставов, связок и мышц конечностей при поддержании равновесия тела. Меньшие величины стабилометрических показателей колебания центра давления до и после мышечной нагрузки могут говорить о том, что спортсмены полагаются в большей степени на проприоцептивные сигналы от суставов нижних конечностей. Следовательно, в тренировочном процессе происходит большая афферентная стимуляция структур центральной нервной системы, что выражается в большем значении мышц, связок и суставов нижних конечностей в поддержании устойчивого вертикального положения тела у спортсменов во время покоя и движения.

Таким образом, в результате систематических тренировок у спортсменов повышается устойчивость регуляторных механизмов равновесия тела, т.е. взаимодействие между зрительной, проприоцептивной, вестибулярной сенсорными системами и центральной нервной системой, что способствует росту статокINETической устойчивости.

Заключение

Наши данные подтверждают влияние специфики двигательной деятельности спортсмена на статокINETическую систему, выделяя общие и специфические особенности реализации функции равновесия тела. Более совершенная регуляция механизмов равновесия тела у спортсменов развивается вследствие адаптации рецепторов вестибулярного анализатора к механическим силам, которые периодически и многократно сообщают телу человека разнонаправленные ускорения во время систематических занятий спортом, а также развития более совершенной проприоцептивной чувствительности постуральных мышц.

В контроле выявлен более низкий уровень поддержания равновесия тела (по сравнению со спортсменами), который в значительно большей степени ухудшался под влиянием ступенчато-возрастающей нагрузки. Это связано с метаболическими факторами утомления, усиленной работой дыхательной и сердечно-сосудистой систем после мышечной нагрузки, что вызывает увеличение колебаний тела и снижает устойчивость его вертикального положения.

Статистически значимые различия в регуляции равновесия тела у хоккеистов и футболистов проявляются под влиянием ступенчато-возрастающей нагрузки. При этом статокINETическая устойчивость у хоккеистов выше, что подтверждают меньшие изменения стабилметрических показателей после ступенчато-возрастающей нагрузки. Это свидетельствует о повышении функциональных возможностей статокINETической системы и физической работоспособности хоккеистов. Данные показатели влияют на способность к произвольной и произвольной коррекции колебаний общего центра масс и, как следствие, расширение резервов вертикальной устойчивости тела.

Литература

1. *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. P. 176–181.
2. *Taylor J.L., Gandevia S.C.* A comparison of central aspects of fatigue in submaximal and maximal voluntary contractions // *J. Journal of Applied Physiology.* 2008. Vol. 104. P. 542–550.
3. *Gribble P.A., Hertel J.* Effect of lower-extremity muscle fatigue on postural control // *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation.* 2004. Vol. 85. P. 589–592.

4. Nazarenko A.S., Chinkin A.S. Cardiovascular, motor, and sensory responses to vestibular stimulation in athletes of different specializations // J. Human Physiology. 2011. Vol. 37, № 6. P. 726–732.
5. 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 Rehabilitation. 2007. № 4. P. 295–306.
6. Стрелец В.Г., Горелов А.А. Теория и практика управления вестибулярными реакциями человека в спорте и профессиональной деятельности. СПб. : Изд-во Военного института физической культуры, 1995. С. 72–83.
7. 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. P. 76–81.
8. Зинурова Н.Г., Денисов К.Г., Кузиков М.М. Показатели статокINETической устойчивости спортсменов при адаптации к сложно-координационным нагрузкам // Вестник Южно-уральского государственного университета. Образование, здравоохранение, физическая культура. 2011. № 26. С. 127–130.
9. Vuillerme N., Nougier V. Attentional demand for regulating postural sway: the effect of expertise in gymnastics // Brain. Res. Bull. 2004. Vol. 15. P. 161.
10. Романова Ю.Н., Колесникова Е.А. Стабилографическая оценка позных реакций у спортсменов различных специализаций // Актуальные вопросы специализированных направлений в образовании и физической культуре : сб. статей по материалам региональной научно-практической конференции. Краснодар, 2000. С. 13–17.
11. Trembach A.B., Sliva S.S., Kurochkina E.L. Posture stability perfection and spectrum EEG mapping changes during gymnastics training in girls 4-7 years // J. Gait and Posture. 2005. Vol. 21. P. 14–17.
12. Капилевич Л.В., Бредихина Ю.П. Координация парных двигательных действий у спортсменов (на примере спортивных балльных танцев) // Бюллетень сибирской медицины. 2013. Т. 12, № 2. С. 204–210.
13. Николаев Р.Ю., Викулов А.Д., Мельников А.А. Особенности поддержания устойчивости вертикальной позы на фоне утомления мышц верхних и нижних конечностей у борцов // Известия ЮФУ. Технические науки. 2012. № 9. С. 251–255.

*Поступила в редакцию 27.05.2014 г. ;
принята 17.07.2014 г.*

Авторский коллектив:

Назаренко Андрей Сергеевич – канд. биол. наук, доцент кафедры медико-биологических дисциплин Поволжской государственной академии физической культуры, спорта и туризма (г. Казань, Россия). E-mail: Hard@inbox.ru

Хаснутдинов Наиль Шарифьянович – канд. биол. наук, доцент кафедры медико-биологических дисциплин Поволжской государственной академии физической культуры, спорта и туризма (г. Казань, Россия). E-mail: Nahas@mail.ru

Чинкин Абдулахат Сиразетдинович – д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой медико-биологических дисциплин Поволжской государственной академии физической культуры, спорта и туризма (г. Казань, Россия). E-mail: Enimbd@mail.ru

*Andrey S. Nazarenko, Nail Sh. Khasnutdinov, Abdoulakhat S. Chinkin

Department of Medical and Biological Sciences, Faculty of Physical Culture and Sport, Volga Region State Academy of Physical Culture, Sport and Tourism, Kazan, Republica of Tatarstan, Russian Federation.

E-mail: Hard@inbox.ru

Influence of stepwise increasing load on statokinetic system of hockey and soccer players

The aim of our research was to study the influence of stepwise increasing load on statokinetic system of hockey and soccer players. We found out that there were disparities in maintaining the balance between hockey players and footballers in Romberg's test with open eyes. The most significant shifts of stabilometric indicators, of both athletes and non-athletes, were observed under the influence of stepwise increasing load, indicating an important role in the reducing of muscle fatigue statokinetic sustainability. Influenced by stepwise increasing of load in hockey and soccer, the stability of the vertical position of the body decreased which results in the increase of stabilometric indicators.

However, the degree of the increase in the average spread, the average velocity of the center of pressure, the area of the ellipse, the coefficient of sharp changes of direction and the average linear velocity of hockey players are less expressed than of soccer players.

In the control group, the growth of most of stabilometric indicators after muscular exercise was significantly greater than that of athletes, which resulted in the statistically significant difference of Q_y , R , V_{AV} , V_S , IV , OD , S_{ell} , QBF , $KRIND$, NPV , SLS between the control group and athletes, due to the development of severe fatigue, the accumulation of lactic acid in the working muscles, as well as the low level of statokinetic stability and physical performance. In their turn, the athletes have a higher level of statokinetic stability and physical performance, as they were able to perform more powerful stepwise increasing load at the cycle ergometer in comparison to non-athletes. The high leg muscle strength of athletes makes a significant contribution to maintaining the vertical position of the body under static and dynamic loads, which is probably due to their specific motor activity and the changing of significance of proprioceptive afferent joints, ligaments and muscles of the extremities, while maintaining the balance of the body. Smaller stabilometric indicators of oscillations of the center of pressure before and after a muscular exercise may indicate that athletes, especially hockey players, rely more on proprioceptive signals from the joints of the lower extremities.

Consequently, in the training process there is a large stimulation of afferent structures of the central nervous system, resulting in a higher value of the muscles, ligaments and joints of the extremities in maintaining sustainable vertical position of the athlete's body during the rest, movement and orientation in the space.

Keywords: statokinetic stability; stabilometric indicators; stepwise increasing load; body balance; physical fatigue; athletes.

The article contains 1 table, 13 ref.

References

1. Melnikov AA, Savin AA, Emelyanova LV, Vikulov AD. Postural stability during static strain before and after a submaximal aerobic bicycle test in athletes. *Human Physiology*. 2012;38(2):176-181. doi: [10.1134/S0362119712020168](https://doi.org/10.1134/S0362119712020168)
2. Taylor JL, Gandevia SC. A comparison of central aspects of fatigue in submaximal and maximal voluntary contractions. *Journal of Applied Physiology*. 2008;104:542-550. doi: [10.1152/jappphysiol.01053.2007](https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01053.2007)
3. Gribble PA, Hertel J. Effect of lower-extremity muscle fatigue on postural control. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2004;85:589-592. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2003.06.031>
4. Nazarenko AS, Chinkin AS. Cardiovascular, motor, and sensory responses to vestibular stimulation in athletes of different specializations. *Human Physiology*. 2011;37(6):726-732. doi: [10.1134/S0362119711050161](https://doi.org/10.1134/S0362119711050161)
5. Gutierrez GM, Jackson ND, Dorr KA, Margiotta SE, Kaminski TW. Effect of fatigue on neuromuscular function at the ankle. *J. Sport Rehabilitation*. 2007;4:295-306.
6. Strelets VG, Gorelov AA. Teoriya i praktika upravleniya vestibulyarnymi reaktsiyami cheloveka v sporte i professional'noy deyatel'nosti [Theory and practice of management of vestibular motor activity of human in sport and professional activity]. Saint Petersburg: Izdatel'stvo Voennogo institute fizicheskoy kul'tury; 1995. 72-83 p. In Russian
7. Asseman FB, Caron O, Cremieux J. Are there specific conditions for which expertise in gymnastics could have an effect on postural control and performance? *Gait Posture*. 2008;27:76-81. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.01.004>
8. Zinurova NG, Denisov KG, Kuzikov MM. Indicators of statokinetic stability of sportsmen at adaptation to is difficult-coordination loadings. *Vestnikyuzhno-ural'skogo gosudarstvennogouniversiteta. Seriya: obrazovanie, zdavookhranenie, fizicheskaya kul'tura*. 2011;26:127-130. In Russian
9. Vuillerme N, Nougier V. Attentional demand for regulating postural sway: the effect of expertise in gymnastics. *Brain Research Bulletin*. 2004;15:161-165. doi: [10.1016/j.brainresbull.2004.02.006](https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2004.02.006)
10. RomanovaYuN, Kolesnikova EA. Stabilograficheskaya otsenka poznykh reaktsiy u sportsmenov razlichnykh spetsializatsiy [Stabilographic assessment of late reactions of athletes of various specializations]. *Aktual'nye voprosy spetsializirovannykh napravleniy v obrazovanii i fizicheskoy kul'ture* [In: Topical issues of the specialized directions in education and physical culture]. Krasnodar: Izdatel'stvo Kubanskogo gosudarstvennogo universiteta fizicheskoy kul'tury, sporta i turizma; 2000. p. 13-17. In Russian
11. Trembach AB, Sliva SS, Kurochkina EL. Posture stability perfection and spectrum EEG mapping changes during gymnastics training in girls 4-7 years. *Gait and Posture*. 2005;21:14-17. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0966-6362\(05\)80015-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0966-6362(05)80015-3)
12. Kapilevich LV, Bredikhina JuP. Pair motor coordination actionin sportsmen (on the example of ballroom dancing). *The Bulletin of Siberian medicine*. 2013;12(2):204-210. In Russian
13. Nikolaev RY, Vikulov AD, Melnikov AA. Peculiarities of postural stability during physical fatigue of higher and lower extremities in fighters. *Izvestiya Yuzhnogo Federal'nogo Universiteta. Tekhnicheskie nauki—Izvestiya SFedU. Engineering Sciences*. 2012;9:251-255. In Russian

Received 27 May 2014;

Accepted 17 July 2014

Nazarenko AS, Khasnutdinov NSh, Chinkin AS. Influence of stepwise increasing load on statokinetic system of hockey and soccer players. *Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Biologiya – Tomsk State University Journal of Biology*. 2014;3(27):176-185. In Russian, English summary