

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лейченко С.Д., Малишевский А.В., Михайлик Н.Ф. Человеческий фактор в авиации. Кн. 1. – СПб., 2005. – 480 с. Кн. 2. – СПб., 2006. – 512 с.
2. Слива С.С., Девликанов Э.О., Болонев А.Г. Полифункциональный компьютерный стабилографический комплекс с биологической обратной связью.
3. Статья [http://hyprocraat.pp.ua/?page\\_id=148](http://hyprocraat.pp.ua/?page_id=148).

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор И.Б. Старченко.

**Грибанов Александр Дмитриевич** – Национальный исследовательский университет (МАИ), Москва, Россия; e-mail: night\_sumrak@mail.ru; 127081, г. Москва, Ясный пр., 11А, 162; тел.: 84954775305; кафедра технологии конструкционных материалов; аспирант.

**Козлов Максим Константинович** – e-mail: mak-kozlov-san@yandex.ru; 142110, Московская область, г. Подольск, 19, кв. 67; тел. 84954775305; кафедра технологии конструкционных материалов; аспирант.

**Истомина Татьяна Викторовна** – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенская государственная технологическая академия» в г. Пензе; e-mail: istom@mail.ru; 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11; тел.: 88412496155; кафедра информационных технологий и менеджмента в медицинских и биотехнических системах; д.т.н.; профессор.

**Gribanov Aleksandr Dmitrievich** – National research university (MAI), Moscow, Russian Federation; e-mail: night\_sumrak@mail.ru; 11A, Jasny, ap. 162, Moscow, 127081, Russia; phone: +74954775305; the department of technology of constructional materials; postgraduate student.

**Kozlov Maxim Konstantinovich** – e-mail: mak-kozlov-san@yandex.ru; 19, Gotvalda street, ap., 67, Podolsk, Moscow Region, 142110; the department of technology of constructional materials; postgraduate student.

**Istomina Tatyana Viktorovna** – Federal State-Owned State-Financed Educational Establishment of Higher Vocational Education “Penza State Technological Academy”; e-mail: istom@mail.ru; 1A/11, Baidukova/Gagarina, Penza, 440039, Russia; phone: +78412496155; the department of information technology and management in the medical and biotechnical systems; dr. eng. sc.; professor.

УДК. 591.185.23/24

**Р.Ю. Николаев, А.Д. Викулов, А.А. Мельников**

**ОСОБЕННОСТИ ПОДДЕРЖАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЫ НА ФОНЕ УТОМЛЕНИЯ МЫШЦ ВЕРХНИХ И НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ У БОРЦОВ**

*Исследовано влияние двух одинаковых по интенсивности субмаксимальных аэробных нагрузок на верхний плечевой пояс («руки») и нижние конечности («ноги») на устойчивость вертикальной позы у спортсменов-борцов (n=21). Регуляцию вертикальной позы исследовали на пресс-папье с помощью стабилографического комплекса «Стабилан-1-02» («Ритм»). Показано, что физическая нагрузка как «на руки», так и «на ноги» в одинаковой мере увеличивала линейную скорость колебаний центра давления в обеих группах. Период восстановления устойчивости вертикальной позы была меньше после работы «руками» (1 мин) по сравнению с работой «ногами» (3 мин). После обеих физических нагрузок период сниженной устойчивости вертикальной позы был меньше у спортсменов-борцов, чем в контроле: 1 мин и 3 мин у борцов и в контроле после нагрузки «на ноги» и 20 сек и 1 мин 40 сек у борцов и в контроле после нагрузки «на руки». Устойчивость вертикальной позы у борцов в течение обоих тестов в среднем была выше, чем у не спортсменов (p<0,05). Заключение. Регуляция вертикальной позы человека ухудшается под влиянием физического утомления в*

*одинаковой мере, как после работы мышцами верхних, так и нижних конечностей. Физическая тренировка совершенствует систему поструральной регуляции и повышает скорость ее восстановления после физической нагрузки.*

*Функция равновесия; стабиллография; физическая нагрузка; спортсмены-борцы.*

**R.Y. Nikolaev, A.A. Melnikov, A.D. Vikulov**

### **PECULIARITIES OF POSTURAL STABILITY DURING PHYSICAL FATIGUE OF HIGHER AND LOWER EXTREMITIES IN FIGHTERS**

*The effects of two equal-intensity aerobic submaximal loads on the upper ("hand") and lower extremities ("legs") on the stability of the vertical posture in athletes (wrestlers, n = 31) were studied. The function of balance control was studied using a Stabilan-1-02 posturographic hardware and software system (Ritm, Russia). It is shown that as a "hands" physical exercise and a "legs" physical exercise increased linear sway velocities of the center of pressure in both athletes and controls (n=25). The recovery period of the postural stability was lower after the handwork (1 min) compared with the legwork (3 min). After both physical exercises the period of a decreased postural stability was lower in athletes: 1 minute in wrestlers and 3 minutes in controls after legwork, and 20 sec in wrestlers and 1 min 40 sec in controls after handwork. The vertical posture stability during both tests was on average higher compared with non-athletes (both  $p < 0.05$ ). Conclusion. Physical fatigue deteriorated postural control to the same extent after the works as the upper and the lower extremities. Physical training improves postural regulation system and accelerates recovery after exercise.*

*Postural control; stabilography; sportsmen; wrestlers.*

**Введение.** Поддержание равновесия в вертикальной позе, в нормальных условиях связано, главным образом, с регуляцией тонуса мышц ног, туловища и шеи, вклад мышц плечевого пояса в данную систему менее значим [1]. Функция равновесия может существенно нарушаться под влиянием общей [2] и локальной [3] физической нагрузки на пострурально значимые мышцы, что особенно актуально для спортсменов. Одна из главных причин снижения равновесия после физической нагрузки – физическое утомление. Утомление способно изменять как периферическую проприоцептивную чувствительность, так и центральную интеграцию сенсорной информации, а также генерацию мышечного напряжения [4, 5]. Таким образом, физическое утомление имеет важное значение в регуляции функции равновесия у спортсменов, однако величины сдвигов и скорость восстановления изменений показателей равновесия после одинаковой физической нагрузки на мышцы, участвующие и не участвующие в поддержании равновесия, остаются мало изученными. Целью нашей работы – было исследовать степень нарушения равновесия под влиянием субмаксимальной аэробной нагрузки на пострурально значимые мышцы нижних конечностей и пострурально мало значимые мышцы – мышцы плечевого пояса.

**Организация и методы исследования.** Обследовано 56 добровольцев, мужчин молодого возраста (18–22 года): группа спортсменов – 31 человек, занимающихся борьбой, контрольная группа – 25 человек. Антропометрические показатели: рост стоя (см) и рост сидя (см) определяли с помощью медицинского ростомера. Обхват грудной клетки (см), клиническую базу (см) – как расстояние между передневерхними осями таза во фронтальной плоскости, длину ноги (см) – как среднее между показателями для правой и левой ноги, от передней верхней ости подвздошной кости до внутренней лодыжки в положении стоя определяли измерительной лентой. Массу тела – на электронных весах «TANITA BF-541» (Япония). Регуляцию вертикальной позы исследовали на стабиллографическом АПК «Стабилан-1-02» (Россия) с помощью анализа колебаний центра давления (ЦД) в статодинамическом тесте. Испытуемых просили неподвижно стоять в основной

стойке на пресс-папье (радиус 600 мм) в течение 6 минут в режиме: 10 с – «тест» закрытые глаза (ЗГ) и 10 с – «отдых»: открытые глаза (ОГ). Для анализа использовали показатель линейной средней скорости (ЛСС) колебания центра давления в стойке с ЗГ. Предварительно испытуемые тренировались стоять в таком режиме в течение 6 мин для эффекта обучения, уменьшения влияния новизны и для определения условной индивидуальной нормы стабилметрических показателей. За индивидуальную норму брали результаты последних 10 с в режиме «тест» 6-минутного испытания. Визуальная цель – белый круг – располагалась на расстоянии 1,5 м от пациента на уровне глаз.

**Физическая нагрузка** давалась испытуемым на «постуральные» мышцы (велозергометрия ногами) и условно «непостуральные» мышцы (велозергометрия руками). Тестирование с нагрузкой на ноги и на руки проводилось в разные дни и разделялось недельным отдыхом. Испытуемые в обоих случаях выполняли ступенчато-возрастающую нагрузку на велозергометре «Kettler FX1» до достижения ЧСС, превышающей в конце ступени 170 уд/мин. ЧСС во время работы (на 59–60 с каждой ступени) фиксировали с помощью пульсометра «POLAR S180» (Финляндия). Величина нагрузки на первой ступени составила 50 Вт для ног и 25 Вт для рук (длительность 2 мин) и увеличивалась на 30 Вт и 10 Вт соответственно на последующих ступенях длительностью 2 мин. Режим нагрузки подбирался так, чтобы продолжительность тестов была одинаковой (9–12 мин). По окончании последней ступени испытуемые сразу же вставали на стабиллоплатформу, тестировали равновесие в течение 6 мин в аналогичном режиме, 10 с – «тест»: закрытые глаза, 10 с – «отдых»: открытые глаза.

**Статистика.** Различия в степени изменения показателей после теста PWC170 между группами определяли с помощью ANOVA для повторных измерений в программе «Statistica».

**Результаты и их обсуждение.** Линейная средняя скорость колебания центра давления – достаточно надёжный параметр, отражающий устойчивость вертикальной позы и степень напряжения функции регуляции равновесия. До физической нагрузки ЛСС не отличалась между группами контроля и спортсменов. Повышенные значения ЛСС в обеих группах сразу после субмаксимальной нагрузки указывают на снижение устойчивости равновесия под влиянием физического утомления, развивающегося в мышцах ног, которые относятся к постуральной группе (рис. 1). Степень увеличения ЛСС в группах после нагрузки была одинакова, однако длительность восстановления устойчивости вертикальной позы значительно короче у спортсменов (в течение 1 мин), чем в контрольной группе (в течение 3 мин 30 с). В течение всего теста у борцов ЛСС, в целом, была существенно ниже, чем в контроле ( $p < 0,05$ ), что согласуется с нашими ранее опубликованными данными [6].

Эргометрия руками также вызывала существенное увеличение ЛСС сразу после нагрузки (рис. 2). Сравнивая величины ЛСС сразу после работы ногами и руками, можно сказать, что степень прироста данного параметра после субмаксимальной работы была одинаковой, однако скорость восстановления при работе руками была значительно выше, чем при работе ногами. Период повышенных величин ЛСС в общей группе обследованных лиц ( $n=56$ ) после нагрузки составил 1 мин после работы ногами и 3 мин после работы руками (рис. 2). Таким образом, можно заключить, что субмаксимальная аэробная нагрузка как на руки, так и на ноги вызывает снижение устойчивости вертикальной позы примерно в одинаковой мере.

Сравнение периода восстановления постуральной устойчивости после субмаксимальной нагрузки на руки у спортсменов с контрольными испытуемыми показало (рис. 3), что у борцов он значительно короче (20 с), чем в контроле (1 мин 40 с).

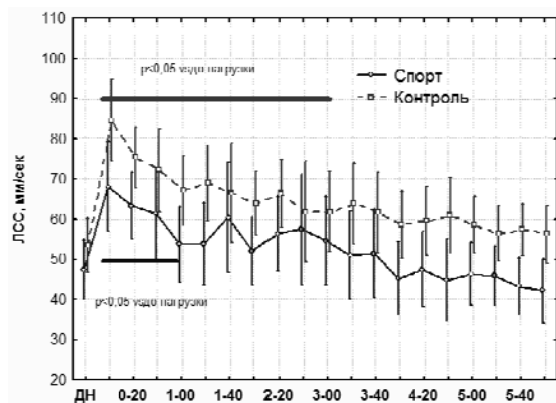


Рис. 1. ЛСС после субмаксимальной велоэргометрической нагрузки на ноги. ДН – до нагрузки. По оси абсцисс – время после нагрузки (Ср. ар. ± 95 % дов. инт)

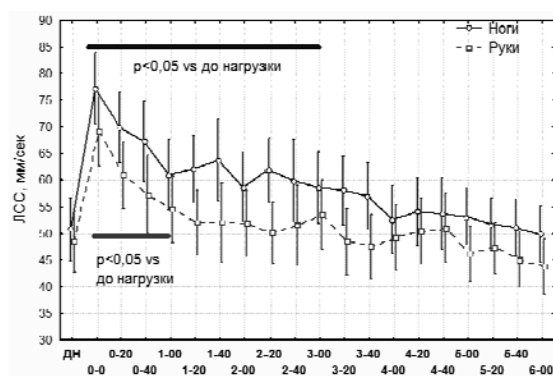


Рис. 2. Различия ЛСС после субмаксимальной нагрузки на ноги и на руки в общей группе обследованных лиц. ДН – до нагрузки. По оси абсцисс – время после нагрузки (Ср. ар. ± 95 % дов. инт. n=56)

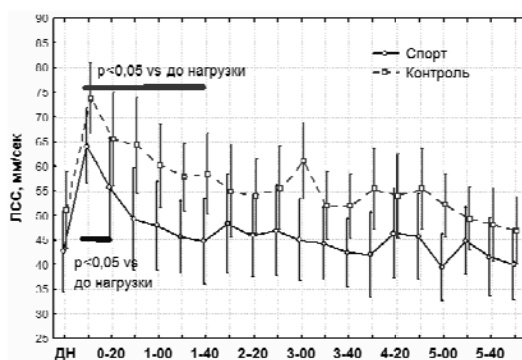


Рис. 3. ЛСС после субмаксимальной нагрузки на руки. ДН - до нагрузки. По оси абсцисс – время после нагрузки (Ср. Ар. ± 95% Дов. Инт)

Факт нарушения функции равновесия после субмаксимальной нагрузки связан с развитием периферического утомления [2–6], и с усилением деятельности кардиореспираторной системы [7]. Нарушение устойчивости вертикальной позы после нагрузки

на разные мышечные группы может быть обусловлено как общими механизмами, так и специфическими, связанными с функциональным назначением мышц. Общий механизм, вероятно, обусловлен усиленной работой дыхательной мускулатуры сразу после работы [7], что вызывает увеличение колебаний тела, а также возможной общей локализацией утомления в центральной нервной системе при работе руками и ногами [8]. Также, мы полагаем, что периферическое утомление в любых мышечных регионах влияет на центральную интеграцию и анализ поступающей сенсорной информации, что ведет к снижению устойчивости вертикальной позы.

Специфические механизмы утомления, вероятно, связаны с накоплением метаболических факторов утомления в рабочих мышцах, что нарушает чувствительность проприоцептивной системы в этих мышцах и, в целом, постуральную регуляцию [3, 4]. Объясняя снижение устойчивости вертикальной позы после нагрузки на руки, следует отметить, что, вероятно, нам не удалось полностью исключить утомление в постуральных мышцах, например, в мышцах шеи и спины при эргометрии руками, поскольку они все-таки участвовали в работе и также вовлечены в поддержание равновесия. Следовательно, часть нарушения равновесия после нагрузки на руки обусловлена также утомлением в постуральных мышцах, расположенных в верхней части тела.

**Заключение.** Таким образом, после стандартной по интенсивности субмаксимальной нагрузки, как на руки, так и на ноги, устойчивость вертикальной позы человека снижается в одинаковой степени, независимо от степени их участия в постуральной системе, однако время восстановления устойчивости вертикальной позы меньше после работы руками. Скорость восстановления нарушения постуральной устойчивости у спортсменов-борцов после нагрузки ног в три, а после работы руками более чем в четыре раза выше, чем у не спортсменов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Nashner L.M., Mc Collum G.* The organization of human postural movements: a formal basis and experimental synthesis // *Behav. Brain Sci.* – 1985. – Vol. 8. – P. 135-167.
2. *Мельников А.А., Савин А.А., Емельянова Л.В., Викулов А.Д.* Регуляция равновесия у борцов-самбистов на фоне физического утомления после субмаксимальной велоэргометрической нагрузки // *Вестник спортивной науки.* – 2010. – № 5. – С. 136-141.
3. *Gribble P.A., Hertel J.* Effect of lower-extremity muscle fatigue on postural control // *Arch. Phys. Med. Rehabil.* – 2004. – Vol. 85. – P. 589-592.
4. *Taylor J.L., Butler J.E., Gandevia S.C.* Changes in muscle afferents, motoneurons and motor drive during muscle fatigue // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2000. – Vol. 83. – P. 106-115.
5. *Hagbarth K.E., Macefield V.G.* The fusimotor system. Its role in fatigue // *Adv. Exp. Med. Biol.* – 1995. – Vol. 384. – P. 259-270.
6. *Савин А.А., Емельянова Л.В., Мельников А.А.* Влияние острого физического утомления на показатели стабилографии у борцов высокого класса // *Известия ЮФУ. Технические науки.* – 2010. – № 9 (110). – С. 155-158.
7. *Zemková E., Hamar D.* Postural sway and cardiorespiratory response to resistance exercises // *Facta Universitatis Series: Physical Education and Sport.* – 2009. – Vol. 7. – P. 181-187.
8. *Taylor J.L., Gandevia S.C.* A comparison of central aspects of fatigue in submaximal and maximal voluntary contractions // *J. Appl. Physiol.* – 2008. – Vol. 104. – P. 542-550.

Статью рекомендовал к опубликованию к.б.н. И.В. Филиппов.

**Николаев Роман Юрьевич** – ФГБОУ ВПО «Рыбинский государственный технический университет им. П.А. Соловьёва»; e-mail: nicrol.roman@yandex.ru; 152907, Ярославская обл., г. Рыбинск, пр. Ленина, 191, кв. 31; тел.: 89806589176; кафедра физической культуры; старший преподаватель.

**Мельников Андрей Александрович** – ФГБОУ ВПО «Ярославского государственного педагогического университета им. К.Д. Ушинского»; e-mail: a.melnikov@yspu.yar.ru; 150000. г. Ярославль, ул. Республиканская, 108; тел.: 89610254836; кафедра физического воспитания; зав. кафедрой; д.б.н.; доцент.

**Викулов Александр Демьянович** – e-mail: a.vikulov@yspu.yar.ru; тел: 84852728485; кафедра теории физической культуры; зав. кафедрой; д.б.н.; профессор.

**Nikolaev Roman Yurevich** – Ribinsk State Institute of Technology; e-mail: nicrol.roman@yandex.ru; 191, Lenina Avenue, ap. 31, Ribinsk, 152907, Russia; phone: +79806589176; the department of physical culture and exercise; senior lecturer.

**Melnikov Andrey Alexandrovich** – Yaroslavl State Pedagogical University; e-mail: a.melnikov@yspu.yar.ru; 108, Republikanskaya street, Yaroslavl, 150000, Russia; phone: +79610254836; the department of physical culture and exercise; head of the department; dr. of boil. sc.; associate professor.

**Vikulov Alexandr Demianovich** – e-mail: a.vikulov@yspu.yar.ru; phone: +74852728485; the department of physical culture theory; head of the department; dr. of boil. sc.; professor.

УДК 612.76

**Н.В. Холмогорова, П.А. Кручинин, Ю.С. Левик, С.С. Слива, В.Ю. Шлыков**

#### **ДИАГНОСТИКА РАННИХ НЕВРОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ СИЛОМОМЕНТНЫХ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

*В работе обсуждается технология неинвазивной диагностики ранних неврологических нарушений. Рассматриваются приемы диагностики, основанные на регистрации и последующем спектральном анализе колебательных движений тела человека и его частей, вызванных ритмическими биениями сердца, дыханием, сокращением отдельных двигательных единиц и т.д. Приводятся результаты апробации отдельных элементов технологии на примере анализа особенностей моторной регуляции пациентов с паркинсоническими нарушениями. Показано, что наиболее полную информацию для подобной диагностики предоставляет аппаратно-программный комплекс с распределенной системой силомоментных датчиков.*

*Силомоментный датчик; неврологические нарушения; тремор.*

**N.V. Holmogorova, P.A. Kruchinin, Yu.S. Levik, S.S. Sliva, V.Yu. Shlykov**

#### **DIAGNOSTICS OF EARLY NEUROLOGICAL DISORDERS WITH HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEXES BASED ON FORCE-TORQUE SENSORS**

*This paper deal with the technology of the early noninvasive diagnostics of neurological disorders. A new approach to the diagnostics of neurological disorders, based on recording and subsequent frequency analysis of the oscillations of the human body and its parts caused by the rhythmic beating of the heart, breathing, contraction of separate motor units, etc. The testing results of technology items by analyzing features of the motion regulation in patients with Parkinson's disorders are described. It is shown that the most complete information for such a diagnosis provides a hardware-software complex based on distributed set of force-torque sensors.*

*Force-torque sensor; neurological disorder; tremor.*

Усложнение социальных и экологических условий жизни, увеличение информационной нагрузки на человека и целый ряд других экзогенных и эндогенных факторов приводит не только к увеличению у трудоспособного населения