

Баулина Ольга Владимировна – ФГБОУ ВПО Пензенский государственный технологический университет; e-mail: o.v.baulina@mail.ru; 440039, г. Пенза, ул. Гагарина, 11; тел.: +79085209670; студентка.

Снопкова Елена Валерьевна – e-mail: snopkova@e@mail.ru; тел.: +79374371142; студентка.

Истомина Татьяна Викторовна – e-mail: istom@mail.ru; тел.: 89603258751; зав. кафедрой ИТММБС; д.т.н.; профессор.

Baulina Olga Vladimirovna – Penza State Technological University; e-mail: o.v.baulina@mail.ru; 11, Gagarina street, Penza, 440039, Russia; phone: +79085209670; student.

Snopkova Elena Valeryevna – e-mail: snopkova@e@mail.ru; phone: +79374371142; student.

Istomina Tatiana Victorovna – e-mail: istom@mail.ru; phone: +79603258751; head of the department ITMMBS; dr. of eng. sc.; professor.

УДК 612.886

А.А. Мельников, Е.А. Макаренкова, М.В. Малахов, С.А. Ершов

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЫ В УСЛОВИЯХ ГИПЕРВЕНТИЛЯЦИИ И ОГРАНИЧЕНИЯ ПОДВИЖНОСТИ ОСНОВНЫХ СУСТАВОВ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

*Исследован эффект ограничения подвижности основных суставов тела на показатели устойчивости вертикальной позы при гипервентиляции у молодых испытуемых (n=50). Показатели устойчивости вертикальной позы определялись с помощью стабилографии («Стабилан-1-02», ОКБ «Ритм»). Ограничение подвижности коленных суставов осуществлялось с помощью ортезов, а тазобедренного сустава и всего позвоночника – фиксацией деревянных планок ремнями к бедрам, туловищу и голове. Гипервентиляция стандартизировалась по частоте дыхания (30 циклов*мин⁻¹). Установлено, что ограничение подвижности тела увеличивало амплитуду колебаний по сагиттали и среднюю линейную скорость колебаний тела в условиях свободного дыхания. Фиксация суставов не оказывала значительного эффекта на прирост амплитуды колебаний тела, вызванные гипервентиляцией, однако разброс колебаний тела в сагиттальной плоскости был выше, а во фронтальной плоскости – ниже в условиях ограничения подвижности суставов тела. Фиксация суставов не оказывала дополнительного прироста линейной скорости колебаний при гипервентиляции. Таким образом, наличие подвижных суставов создает механизмы уменьшения амплитуды колебаний общего центра давления и повышения устойчивости вертикальной позы в сагиттальной плоскости.*

Устойчивость позы; стабилография; ограничение подвижности; гипервентиляция.

A.A. Melnikov, E.A. Makarenkova, M.V. Malakhov, S.A. Erschov

VERTICAL POSTURE STABILITY ANALYSIS DURING HYPERVENTILATION AND RESTRICTED MOBILITY OF MAIN BODY JOINTS IN HUMAN

*The restricted mobility effect of main body joints on the posture stability during hyperventilation in young subjects (n = 50) was investigated. Vertical posture stability indexes were determined with the help of stabilography ("Stabilan-1-02", experimental design bureau "Rhythm"). The knee joint mobility limitation was performed using orthoses. Restriction of hip and spine mobility was made using attachment of wooden planks to hips, torso and head. Hyperventilation was standardized on respiratory rate (30 cycles*min⁻¹). It is established that the restriction of the body mobility increased the amplitude and the average linear velocity of the oscillations in sagittal plane of the body in a free breathing. Fixation of joints has no considerable effect on increase of*

the amplitude, caused by hyperventilation; however the dispersion of body fluctuations in the sagittalny plane was higher, and in the frontal plane - is lower in the conditions of body joints mobility restriction. Fixation of joints has no additional increase of the linear oscillations velocity during hyperventilation. Thus, the presence of movable joints provides a mechanism for decreasing center pressure oscillations and increasing stability of vertical posture in the sagittal plane.

Posture stability; stabilography; restricted mobility; hyperventilation.

Введение. Вертикальное тело человека представляет многозвенную подвижную структуру, что, с одной стороны, увеличивает количество степеней свободы структуры и усложняет регуляцию устойчивости тела. С другой стороны, наличие большого числа суставов создает механизмы повышения общей стабильности вертикальной позы во время различных преднамеренных движений или воздействий, выводящих тело из состояния равновесия [1, 2]. Установлено, что ограничение подвижности в основных суставах тела с помощью фиксации суставов нижних конечностей и туловища ведет к увеличению частоты колебания вертикальной позы в условиях спокойного стояния [3]. Это может свидетельствовать о напряжении механизмов поддержания устойчивости вертикальной позы в условиях жесткой структуры тела.

Важным физиологическим процессом, который может в значительной мере нарушать статическую устойчивость вертикальной позы является гипервентиляция [4]. Ранее нами также показано, что во время максимальной гипервентиляции легких, скорость и частота колебаний центра давления стоп человека на стабилотформе в обычной вертикальной позе более чем в 2 раза снижает устойчивость в сагиттальной плоскости и более чем в 4 раза увеличивает среднюю линейную скорость колебаний тела [5]. Мы полагаем, что в условиях ограничения подвижности основных суставов тела, степень увеличения скорости и амплитуды колебаний вертикальной позы при гипервентиляции будет возрастать в большей мере, чем в обычных неограниченных условиях стояния. То есть наличие суставов тела обеспечивает уменьшение колебаний тела при возмущающих воздействиях на человека. Таким образом, целью работы было исследовать эффект ограничения подвижности основных суставов тела на стабилографические показатели статической устойчивости вертикальной позы во время произвольной гипервентиляции легких.

Организация и методы исследования. Исследование выполнено на практически здоровых молодых (возраст: 18–22 года) добровольцах мужского (n=30) и женского n=20) пола (n=50) .

Испытуемые последовательно выполняли два теста, разделенных 6 мин интервалом отдыха. В первом тесте испытуемый находился в обычной вертикальной позе без каких-либо ограничений с открытыми глазами: 20 сек при спокойном обычном дыхании и 20 сек при гипервентиляции легких с навязанным ритмом 30 циклов в минуту. Ритм гипервентиляции навязывался сигналом электронного секундомера, в результате каждый испытуемый за 20 секунд выполнял 10 полных циклов вдох-выдох. Данный ритм подбирался на основе наших предварительных данных о влиянии максимальной гипервентиляции на устойчивость позы [5] и был нацелен на решение следующих задач эксперимента: а) стандартизации гипервентиляции для всех этапов исследования; гипервентиляция должна была вызвать снижение устойчивости вертикальной позы; б) гипервентиляция не должна была вызвать значительной гипоксии, предобморочное состояние и вторичных эффектов на устойчивость позы; в) гипервентиляция должна быть доступна для всех испытуемых. Во втором тесте испытуемый находился в вертикальной стойке с открытыми глазами в условиях ограничения подвижности коленных и тазобедрен-

ных суставов, а также всего позвоночного столба, включая подвижность головы: 20 сек при спокойном обычном дыхании и 20 сек при навязанном ритме (30 циклов*мин⁻¹) гипервентиляции легких. Фиксация коленных суставов выполнялась с помощью ортопедических ортезов сильной фиксации. Ограничение подвижности тазобедренного сустава и всего позвоночного столба обеспечивалось с помощью трех декоративных деревянных планок. Две планки крепились ремнями спереди к ногам и корпусу на уровне груди, таза и верхней части бедра, а третья планка крепилась сзади на уровне таза, груди и затылка головы [3]. В результате подвижность основных суставов тела за исключением голеностопного сустава была значительно ограничена.

Во время тестов испытуемые стояли на стабилографической платформе (Стабилан 01-2 «ОКБ Ритм»), пятки на расстоянии 2 см, стопы под углом 30⁰, стараясь как можно меньше отклонять тело от вертикального положения, и смотрели на белый круг на чёрном фоне.

С помощью программы «StabMed 2.10» определялись следующие стабилометрические параметры для каждого из этапов обследования: среднее квадратическое отклонение (разброс) смещения центра давления (ЦД) во фронтальном (Qx, мм) и сагиттальном (Qy, мм) направлениях, а также средняя линейная скорость перемещения ЦД (ЛСС, мм/с), а также ЛСС по сагиттали (ЛССс, мм/сек) и фронтالي (ЛССф). Первые показатели (Qx и Qy) отражают устойчивость позы в двух направлениях, а ЛСС указывает на напряжение системы регуляции позы [6].

Для каждого этапа исследования рассчитывались также показатели дыхания. Дыхание оценивалось с помощью тензометрического датчика дыхания (Стабилан-01 ОКБ «Ритм»). Тензометрический датчик крепился ремнём к грудной клетке и позволял рассчитать частоту и амплитуду (отн. ед) дыхательных движений.

Статистика. Полученные данные обработаны в программе Statistica 6.0. Результаты на рисунках представлены как средняя арифметическая ± доверительный интервал при $p=0,05$. Различия в реакции стабилографических показателей на гипервентиляцию между тестом «свободная стойка, Св. Ст» и «ограниченная подвижность, Ог. Под» определяли с помощью двухфакторного анализа для повторных измерений. Первым фактором включал: свободное дыхание и гипервентиляция; второй фактор: свободная стойка и ограниченная подвижность. При необходимости для сравнительного анализа использовался t-критерий Стьюдента.

Результаты и их обсуждение

Влияние ограничения подвижности на показатели дыхания. Частота дыхания в условиях ограничения подвижности немного, но достоверно возрастала (мин⁻¹) ($p=0,013$, табл. 1), но амплитуда дыхания оставалась без изменений. В условиях гипервентиляции фиксация суставов не привела к существенным изменениям показателей дыхания: частоты и амплитуды дыхания, по сравнению со свободной стойкой. Таким образом, только при свободном дыхании фиксация суставов могла оказывать небольшое влияние на стабилографические показатели через увеличение частоты дыхания. Однако существенных корреляций между показателями дыхания и стабилографии в условиях свободного дыхания в свободной стойке и ограничения подвижности не отмечалось. Следовательно, небольшим увеличением частоты дыхания при фиксации суставов в условиях свободного дыхания можно пренебречь.

Таблица 1

Влияние ограничения подвижности на показатели дыхания (M ±Ст. Отк.)

	Свободное дыхание			Гипервентиляция		
	Св. стойка	Ог. подв.	p<	Св. стойка	Ог. Подв.	p<
Амплитуда дыхания, отн. ед.	0,34±0,24	0,38±0,24		0,77***±0,33	0,73***±0,27	
Циклов дыхания, ед.	5,5±1,5	6,1±1,7	0,05	10	10	

Примечание: Св. Стойка – свободная стойка; Ог. Подв. – стойка с фиксированными суставами; p – различия между Св. стойкой и Ог. подв.; *** – p<0,001 между гипервентиляцией и свободным дыханием в соответствующей стойке.

Влияние ограничения подвижности на разброс по фронтالي (Qx) при гипервентиляции. Навязанный ритм гипервентиляции (30 циклов*мин⁻¹) вызывал, как мы и ожидали увеличение разброса колебаний ЦД во фронтальной плоскости (p<0,05, рис. 1), указывая на снижение устойчивости вертикальной позы в этой плоскости. Однако фиксация суставов привела к *снижению* амплитуды колебаний по фронтали. На это указывал общий эффект фиксации на Qx (p=0,013), а также более низкий уровень Qx в условиях гипервентиляции и ограничения подвижности суставов (рис. 1, p<0,05). Вместе с тем, снижение Qx в результате ограничения подвижности было не существенным при свободном дыхании. В целом, ограничение подвижности *увеличивало* устойчивость вертикальной позы во фронтальной плоскости при гипервентиляции, а сама гипервентиляция снижала этот параметр устойчивости позы.

Влияние ограничения подвижности на разброс по сагиттали (Qy) при гипервентиляции. Навязанный ритм гипервентиляции вызывал увеличение разброса колебания тела по сагиттали в условиях свободной стойки (p<0,01), а также при ограничении подвижности тела (p<0,01, рис. 2). Однако различий в приросте Qy в ответ на гипервентиляцию между свободной стойкой и ограничением подвижности не было (Anova, p=0,85). Сама фиксация суставов тела вызывала, в отличие от Qx, *увеличение* Qy как при обычном дыхании, так и при гипервентиляции (оба p<0,05). Таким образом, ограничение подвижности *снижает устойчивость* вертикальной позы в сагиттальной плоскости при обычном дыхании и гипервентиляции в одинаковой мере, но не изменяет величину прироста Qy в ответ на гипервентиляцию.

Влияние ограничения подвижности на линейную скорость перемещения ЦД (ЛСС) по фронтали и сагиттали при гипервентиляции. Гипервентиляция вызывала увеличение ЛСС перемещения ЦД по фронтали (рис. 3) и сагиттали (рис. 4), а также общую ЛСС (рис. 5) как в свободной стойке (p<0,01 для всех ЛСС), так и в условиях ограничения подвижности (p<0,01 для всех ЛСС). Сама фиксация суставов, в целом, вызывала увеличение ЛСС по сагиттали (p<0,01, рис. 4) и общую ЛСС (p<0,05, рис. 5). При гипервентиляции никакая из трех ЛСС не различалась между свободной стойкой и стойкой с ограниченной подвижностью суставов.

Однако по данным однофакторного анализа отмечалось менее существенное увеличение ЛССс (Anova, p=0,007, рис. 4) и общей ЛСС (Anova, p=0,072, рис. 5) в ответ на гипервентиляцию в условиях ограничения подвижности, по сравнению с

приростом ЛССс и ЛСС соответственно в свободной стойке без фиксаторов. Меньший прирост ЛССс и ЛСС при фиксации суставов был связан с исходно повышенной ЛССс ($p < 0,01$) и ЛСС ($p < 0,05$) при спокойном дыхании, поскольку ЛССс и ЛСС при гипервентиляции не различалась между свободной стойкой и ограничением подвижности (рис. 4, 5). Таким образом, хотя ограничение подвижности увеличивает скорости колебаний тела особенно по сагиттали в условиях произвольного дыхания, однако оно не вызывает большего прироста ЛСС в результате гипервентиляции.

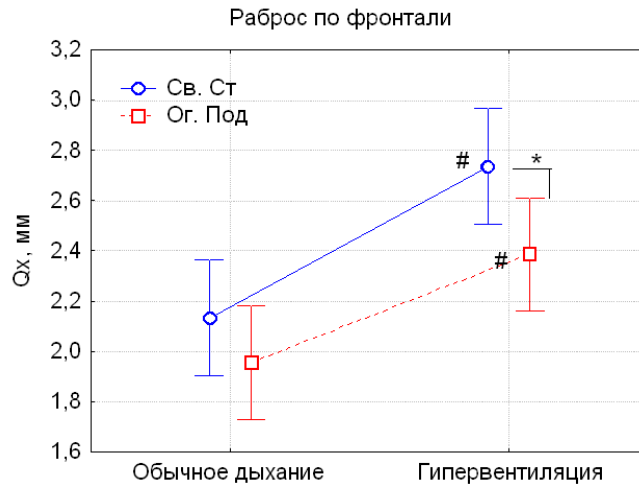


Рис. 1. Влияние гипервентиляции на Q_x в условиях свободной стойки (Св. Ст.) и ограниченной подвижности (Ог. Под.). Примечание: * – $p < 0,05$ между свободной стойкой и ограничением подвижности; # – $p < 0,05$ между обычным дыханием и гипервентиляцией

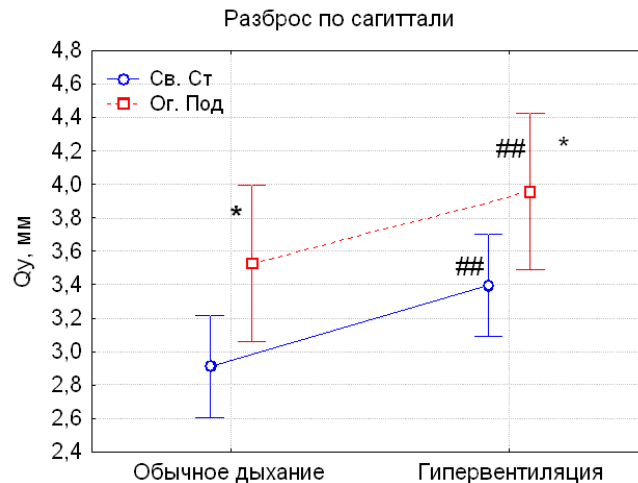


Рис. 2. Влияние гипервентиляции на Q_u в условиях свободной стойки (Св. Ст.) и ограниченной подвижности (Ог. Под.). Примечание: * – $p < 0,05$ между свободной стойкой и ограничением подвижности; ## – $p < 0,01$ между обычным дыханием и гипервентиляцией

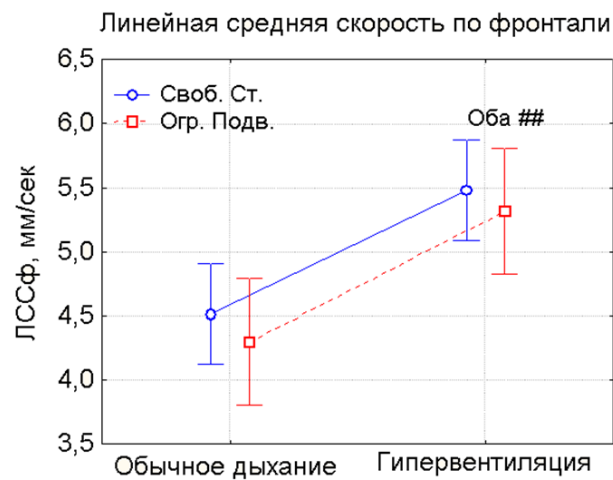


Рис. 3. Влияние гипервентиляции на ЛССф по фронтали в условиях свободной стойки (Св. Ст.) и ограниченной подвижности (Ог. Подв.). Примечание: ## – $p < 0,01$ между обычным дыханием и гипервентиляцией

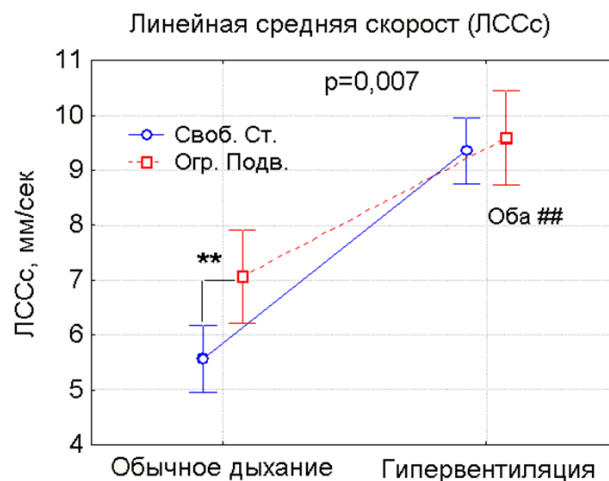


Рис. 4. Влияние гипервентиляции на ЛССс по сагиттали в условиях свободной стойки (Св. Ст.) и ограниченной подвижности (Ог. Подв.). Примечание: ** – $p < 0,01$ между свободной стойкой и ограничением подвижности; ## – $p < 0,01$ между обычным дыханием и гипервентиляцией. $p = 0,007$ – достоверность различий в приросте ЛССс в свободной стойке и при ограниченной подвижности в ответ на гипервентиляцию

Наиболее важными результатами нашей работы можно считать следующие.

Во-первых, ограничение подвижности скорее увеличивает устойчивость вертикальной позы по фронтали (снижает Q_x), снижает – по сагиттали (увеличивает Q_y) и вызывает рост напряжения системы регуляции позы (повышает ЛСС) в условиях обычного произвольного дыхания. Повышение ЛССс и общей ЛСС колебаний тела при ограничении подвижности указывает на рост напряжения системы постральной регуляции для обеспечения устойчивости фиксированного тела особенно значительно в сагиттальной плоскости. Мы полагаем, что это, вероятно,

связано с ограничением компенсаторных возможностей системы постуральной регуляции при отклонении позы от вертикали. Фиксация суставов снижает возможности быстрого восстановления вертикального положения в нужных звеньях тела и, следовательно, активизирует постуральную регуляцию по стабилизации позы, что отражается как рост ЛСС. В наибольшей мере, эти процессы касаются сагиттального направления, вероятно, вследствие того, что тело человека имеет большую структурную подвижность именно в этом направлении, и амплитуда колебаний по сагиттали в норме больше, чем по фронтالي. Удивительным фактом было увеличение устойчивости позы по фронтали при ограничении подвижности. Вероятно, фиксация позвоночного столба планками сзади и спереди значительно стабилизирует тазобедренный сустав, что оказывает положительный эффект в виде снижения амплитуды колебания тела по фронтали. Известно, что фронтальная устойчивость значительно определяется движениями в тазобедренном суставе [7]. В этих условиях дополнительная нагрузка, видимо, приходится на нефиксированный и подвижный голеностопный сустав, способствуя росту колебаний в сагиттальном направлении.

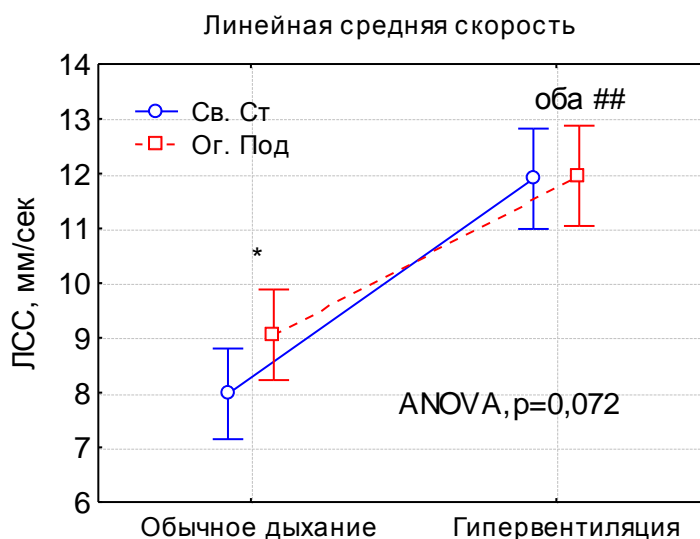


Рис. 5. Влияние гипервентиляции на общую ЛСС в условиях свободной стойки (Св. Ст.) и ограниченной подвижности (Ог. Под.). Примечание: * – $p < 0,05$ между свободной стойкой и ограничением подвижности; ## – $p < 0,01$ между обычным дыханием и гипервентиляцией. $p = 0,072$ – достоверность различий в приросте ЛСС в свободной стойке и при ограниченной подвижности в ответ на гипервентиляцию

Во-вторых, гипервентиляция оказывает существенное влияние на стабилографические показатели постуральной устойчивости. Данные результаты подтверждаются в различных литературных данных [4, 5] и указывают на важное значение гипервентиляции в увеличении амплитуды и скорости колебаний тела.

В-третьих, фиксация суставов не изменяет эффект гипервентиляции на стабилографические показатели, за исключением снижения прироста ЛСС в ответ на гипервентиляцию. Отсутствие эффекта ограничения подвижности тела на изменения устойчивости позы мы связываем с тем, что гипервентиляция оказывает более существенный эффект на колебания тела, чем ограничение подвижности. Вероят-

но, при гипервентиляции происходит достижение величин ЛССс/ф и Qx/y близких к предельной. В этих условиях, дополнительные факторы, которые вызывают напряжение системы регуляции позы и прирост ЛСС, в нашем случае – фиксация суставов, вероятно, не оказывают какого-либо дополнительного влияния на ЛСС. Другим объяснением отсутствия различий в ЛСС между свободной стойкой и фиксированной стойкой во время гипервентиляции может быть существенное напряжение всей дыхательной мускулатуры, что также, как и внешняя фиксация, вызывает увеличение жесткости туловища и уменьшение подвижности позвоночного столба. Другими словами, гипервентиляция создает такие же условия ограничения подвижности тела, как и внешняя фиксация тела, деревянными планками.

Заключение. Таким образом, наши данные показали, что фиксация суставов не оказывает существенного эффекта на изменения показателей устойчивости позы, вызванные гипервентиляцией. Однако в условиях ограничения подвижности тела и свободного дыхания амплитуда, а также скорость колебания тела в сагиттальном направлении были повышенными, указывая на снижение устойчивости позы и напряжение постуральной регуляции в сагиттальной плоскости. Эти данные подтверждают, что наличие подвижных суставов между частями тела создает возможность компенсации колебаний отдельных звеньев тела и повышения устойчивости всей вертикальной позы, по крайней мере, в сагиттальной плоскости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гурфинкель В.С., Коц Я.М., Шик М.Л. Регуляция позы человека. – М.: Наука, 1965. – 256 с.
2. Бернштейн Н.А. Физиология движений и активность. Научное издание / Под ред. О.Г. Газенко. – М.: Наука, 1990. – 492 с.
3. Терехов А.В. Математическое моделирование регулирования вертикальной позы человека: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. – М., 2007. – 24 с.
4. Kuczyński M., Wieloch M. Effects of Accelerated Breathing on Postural Stability // *Human Movement*. – 2008. – Vol. 9, № 2. – P. 107-110.
5. Малахов М.В., Макаренко Е.А., Мельников А.А., Викулов А.Д. Оценка влияния задержки дыхания и гипервентиляции на устойчивость вертикальной позы человека с помощью спектрального анализа стабиллографического сигнала // *Физиология человека*. – 2014. – Т. 40, № 1. – С. 90-95.
6. Paillard T., Noé F., Rivière T., Marion V. Postural performance and strategy in the unipedal stance of soccer players at different levels of competition // *J. Athl. Train.* – 2006. – Vol. 41. – P. 172-176.
7. Winter D.A., Prince F., Frank J.S., Powell C. et al. Unified theory regarding A/P and M/L balance in quiet stance // *J. Neurophysiol.* – 1996. – Vol. 75. – P. 2334-2343.

REFERENCES

1. Gurfinkel' V.S., Kots Ya.M., Shik M.L. Regulyatsiya pozy cheloveka [Regulation poses]. Moscow: Nauka, 1965, 256 p.
2. Bernshteyn N.A. Fiziologiya dvizheniy i aktivnost'. Nauchnoe izdanie [Physiology of movements and activity. Scientific publication]. Moscow: Nauka, 1990, 492 p.
3. Terekhov A.V. Matematicheskie modelirovaniye regulirovaniya vertikal'noy pozy cheloveka: Avtoref. dis. ... kand. fiz.-mat. nauk [Mathematical modeling of the regulation of vertical posture. Avtoref. cand. of phis.-math. sc. diss.]. Moscow, 2007, 24 p.
4. Kuczyński M., Wieloch M. Effects of Accelerated Breathing on Postural Stability, *Human Movement*, 2008, Vol. 9, No. 2, pp. 107-110.
5. Malakhov M.V., Makarenkova E.A., Mel'nikov A.A., Vikulov A.D. Otsenka vliyaniya zaderzhki dykhaniya i giperventilyatsii na ustoychivost' vertikal'noy pozy cheloveka s pomoshch'yu spektral'nogo analiza stabilograficheskogo signala [Evaluation of the effect of breath holding and hyperventilation on the stability of the vertical posture with the help of spectral analysis of stabilographic signal], *Fiziologiya cheloveka* [Human physiology], 2014, Vol. 40, No. 1, pp. 90-95.

6. Paillard T., Noé F., Rivière T., Marion V. Postural performance and strategy in the unipedal stance of soccer players at different levels of competition, *J. Athl. Train.*, 2006, Vol. 41, pp. 172-176.
7. Winter D.A., Prince F., Frank J.S., Powell C. et al. Unified theory regarding A/P and M/L balance in quiet stance, *J. Neurophysiol.*, 1996, Vol. 75, pp. 2334-2343.

Статью рекомендовал к опубликованию д.б.н., профессор А.Д. Викулов.

Мельников Андрей Александрович – ФГБОУ ВПО «Ярославского государственного педагогического университета им. К.Д. Ушинского»; e-mail: meln1974@yandex.ru; 150000, г. Ярославль, ул. Республиканская, 108; тел.: 89610254836; кафедра физического воспитания; зав. кафедрой; д.б.н.; профессор.

Макаренкова Елена Александровна – e-mail: elena.makarenkova.00@mail.ru; тел.: 89109792628; кафедра физического воспитания; аспирант.

Малахов Максим Викторович – ГБОУ ВПО «Ярославская государственная медицинская академия» Минздрава РФ; e-mail: malahovmv@mail.ru; 150000, г. Ярославль, ул. Революционная, 5; тел.: +74852305763; кафедра нормальной физиологии с биофизикой; к.б.н.; ассистент.

Ершов Сергей Алексеевич – ФГКВБОУ ВПО филиал Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (г. Ярославль); e-mail: elena.makarenkova.00@mail.ru; 150001, г. Ярославль, Московский проспект, 28; тел.: 89109604253; кафедра физической подготовки; к.п.н.; доцент.

Melnikov Andrey Alexandrovich – Yaroslavl State Pedagogical University; e-mail: meln1974@yandex.ru; 108, Respublikanskay street, Yaroslavl, 150000, Russia; phone: +79610254836; the department of physical culture and exercise; head the department; dr. of biolog. sc.; professor.

Makarenkova Elena Alexandrovna – e-mail: elena.makarenkova.00@mail.ru; phone: +79109792628; the department of physical culture and exercise; postgraduate student.

Malakhov Maxim Viktorovich – Yaroslavl State Medical Academy; e-mail: malahovmv@mail.ru; 5, Revolutsionnaya street, Yaroslavl, 150000, Russia; phone: +74852305763; the department of normal physiology; cand. of biolog. sc.; assistant.

Erschov Sergey Alexeevich – Branch of Force Space Academy named after A.F. Mozhayskiy (Yaroslavl); e-mail: elena.makarenkova.00@mail.ru; 28, Moscow pr., Yaroslavl, 150001, Russia; phone: +79109604253; the department of physical training; cand. of ped. sc.; associate professor.

УДК 612.886

Р.Ю. Николаев, А.А. Мельников, А.В. Борисов

ЭФФЕКТ УТОМЛЕНИЯ АБДУКТОРОВ БЕДРА НА УСТОЙЧИВОСТЬ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЫ ВО ФРОНТАЛЬНОЙ И САГИТТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

Исследовано влияние двух максимальных анаэробных нагрузок на мышцы ног (отведение ноги в сторону и велоэргометрия), участвующие в поддержании равновесия тела во фронтальной и сагиттальной плоскости, на устойчивость вертикальной позы у молодых людей (n=18). Испытуемые выполняли максимальный тест (30 сек, 5 Вт на кг веса тела) на велоэргометре «Monark 828E» и после периода отдыха отведение ног в стороны с тягощением 0,5 кг влево (левая нога, 30 сек) и вправо (правая нога, 30 сек). Регуляцию вертикальной позы исследовали с помощью стабилографии («Стабилан-1-02», ОКБ «Ритм»). Установлено, что линейная средняя скорость колебаний центра давления по сагиттали и фронталу увеличивалась как после максимальной велоэргометрии, так и после нагрузки на