

УДК 612.886

НИКОЛАЕВ Роман Юрьевич, доцент кафедры физической культуры Рыбинского государственного авиационного технического университета имени П.А. Соловьёва. Автор 12 научных публикаций, в т. ч. двух учебно-методических пособий

МЕЛЬНИКОВ Андрей Александрович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой физического воспитания Ярославского государственного педагогического университета им. К.Д. Ушинского. Автор более 100 научных публикаций, в т. ч. одной монографии и 5 учебных пособий

РОЛЬ ЗАДЕРЖКИ ДЫХАНИЯ В СОХРАНЕНИИ УСТОЙЧИВОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЫ ПОСЛЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

В работе представлена роль задержки дыхания в обеспечении устойчивости вертикальной позы после максимальной физической нагрузки. Устойчивость вертикальной позы определяли до и после максимальной велоэргометрической нагрузки (тест Вингейта, «Monark 828E») с помощью стабилграфии (Стабилан 1-02, ОКБ «Ритм») на неустойчивой поверхности пресс-папье при свободном дыхании и при задержке дыхания на вдохе. Установлено, что физическая нагрузка вызывала увеличение амплитуды ($p < 0,05$ в течение 30 сек) и скорости колебаний ($p < 0,01$ в течение 2 мин 10 сек) вертикальной позы при свободном дыхании. Кроме того, после нагрузки происходило увеличение абсолютной мощности колебаний во всех частотных диапазонах спектра. Однако задержка дыхания снижала прирост абсолютной мощности в зоне низких частот ($p < 0,01$). Задержка дыхания после такой же нагрузки приводила к сохранению амплитуды колебаний на исходном уровне, снижению степени увеличения линейной скорости ($p < 0,05$), а также мощности низкочастотных колебаний тела ($p < 0,01$). Кроме того, период восстановления скорости колебания на фоне апноэ сокращался на 1 мин. Полученные результаты убедительно показывают, что легочная гипервентиляция после напряженной нагрузки вносит значительный вклад в снижение устойчивости вертикальной позы, напротив, задержка дыхания позволяет сохранять амплитуду колебаний на исходном уровне и значительно уменьшить прирост скорости колебаний. Таким образом, в спортивной практике для кратковременного повышения устойчивости вертикальной позы на фоне физического утомления может быть использована задержка дыхания на вдохе.

Ключевые слова: стабилграфия, постуральный баланс, физическая нагрузка, апноэ, утомление.

Способность сохранять статическое и динамическое равновесие составляет важную часть успеха в спортивных состязаниях. Показано, что спортивный результат в стрельбе [1], гим-

настике [2], единоборствах [4] и футболе [5] в большей или меньшей степени связан с эффективным постуральным контролем. За обеспечения постурального баланса человека отвечает

сложная многоуровневая система пострурального контроля, которая состоит из скелетно-мышечного, сенсорного и центрально-нервного отделов [5, 6]. Поддержание баланса у спортсменов во время выполнения физических упражнений существенно осложняется развитием нейромышечного утомления. Показано, что эффективность пострурального контроля существенно снижается после физических нагрузок различной интенсивности и характера [7, 8]. Предполагается, что важным фактором, вызывающим повышение скорости колебания вертикальной позы сразу после нагрузки является повышенная активность аппарата дыхания и, в частности, частота дыхания [9]. Таким образом, мы предположили, что задержка дыхания может значительно нивелировать эффекты интенсивной нагрузки на поструральную устойчивость. Цель нашей работы заключалась в оценке роли задержки дыхания в обеспечении устойчивости вертикальной позы после максимальной физической нагрузки.

Материалы и методы. Для анализа эффекта задержки дыхания на устойчивость вертикальной позы сразу после интенсивной нагрузки испытуемые выполняли два максимальных теста Вингейта [10] на велоэргометре «Monark 828E». В одном случае дыхание было свободное как до, так и после физической нагрузки, во втором случае испытуемые задерживали дыхание на вдохе на период стабильности (10 с по команде «Тест») как до, так и после такой же максимальной нагрузки. После 1 мин разминки (сопротивление педалей 2,5 Вт на кг массы тела, скорость вращения педалей 90 об/мин) и 1 мин восстановления обследуемые вращали педали велоэргометра с максимальной скоростью в течение 30 с, сопротивление педалей составляло 5 Вт на кг массы тела. Во время эргометрии фиксировалось количество оборотов педалей. В течение всех этапов регистрировали ЧСС с помощью пульсометра «Polar RS800» (Финляндия) и обрабатывали в программе «Polar Protrainer». Оба теста со свободным дыханием и задержкой дыхания выполнялись в один день и были разделены 30-минутным периодом

отдыха. Группу исследования составили молодые (18–24 года) здоровые мужчины основной медицинской группы ($n = 28$).

Устойчивость вертикальной позы оценивали на стабильнографическом АПК «Стабилян-1-02» (ОКБ «Ритм», г. Таганрог). Обследуемые вставали в положение «Основная стойка» на пресс-папье (движение по сагиттали, радиус – 60 см, высота – 10 см), руки прижаты к ногам, пятки – на расстоянии 2 см, стопы – под углом 30° , глаза закрыты. Регистрация устойчивости позы проводилась в течение 10 с (этап «Тест»), последующие 10 с обследуемый отдыхал с открытыми глазами и возможностью поддержки за стоящую рядом стойку (этап «Отдых»). Тестирование продолжалось в течение 6 мин. За исходный уровень (до нагрузки) брались средние показатели, полученные в последние три 10-секундных отрезка 6-й минуты. Стабилометрическое исследование выполнялось через 20 сек после окончания физических нагрузок. Временные интервалы тестирования баланса были следующие: 0:0–0:10; 0:20–0:30; 0:40–0:50 и т. д. до 6:00–6:10 (мин:сек).

Анализировались следующие стабилметрические показатели устойчивости вертикальной позы: ЛСС (мм/с) – средняя линейная скорость колебания общего центра давления стоп человека (ОЦД); Q_y (мм) – среднеквадратическое отклонение (разброс) колебаний ОЦД в сагиттальной плоскости. Считается, что ЛСС в большей мере отражает напряжение механизмов поструральной регуляции, а Q_y показывает величину статической устойчивости вертикальной позы [11]. Для анализа пострурального контроля использовались также спектральные показатели колебаний ОЦД в сагиттальной плоскости: $PwS(0-0,2 \text{ Гц})$ (мм) – мощность стабильнографического сигнала в зоне очень низкочастотных волн; $PwS(0,2-2 \text{ Гц})$ (мм) – мощность стабильнографического сигнала в зоне низкочастотных волн; $PwS(2-5 \text{ Гц})$ (мм) – мощность стабильнографического сигнала в зоне высокочастотных волн.

Результаты в таблице представлены в виде средней арифметической выборки (M) \pm стан-

дартное отклонение (s). Результаты на рисунках представлены как $M \pm$ доверительный интервал при $p = 0,05$ (ДИ). Все определенные показатели имели нормальное распределение по критерию Шапиро-Уилки. Различия в реакции стабиллографических показателей на физическую нагрузку с задержкой и свободным дыханием определяли с помощью 2-факторного анализа для повторных измерений (ANOVA). Первым фактором было время определения стабиллографических показателей (до нагрузки и в течение 6 мин после нагрузки), вторым фактором были условия дыхания: свободное или задержка дыхания. Апостериорный критерий наименьшей значимой разности использован для выявления различий по сравнению с исходным уровнем до нагрузки. При $p < 0,05$ различия считали статистически значимыми. Использован лицензионный пакет статистических программ «Statistica v6.1. Stat Soft Russia».

Результаты. Величины выполненной работы в тесте со свободным дыханием и задержкой дыхания были практически идентичны. В обоих экспериментах сопротивление враще-

нию педалей устанавливалось одинаково для каждого испытуемого (5 Вт на кг массы тела) и составило 349 ± 35 Вт. В эксперименте со свободным дыханием испытуемые сделали 39 ± 12 оборотов за 30 с, а в эксперименте с задержкой дыхания столько же – 37 ± 11 оборотов за 30 с. Относительная мощность нагрузки по данным ЧСС также не отличалась между тестами: во все этапы стабиллометрического тестирования до и после нагрузки, а также на пике нагрузки ЧСС не отличалась между тестом со свободным дыханием и задержкой дыхания (рис. 1).

Стабиллографические показатели устойчивости вертикальной позы. После физической нагрузки происходило увеличение ЛСС как в условиях свободного дыхания ($p < 0,05$), так и при задержке дыхания ($p < 0,05$) (рис. 2). Однако степень прироста ЛСС в условиях задержки дыхания была меньше, чем в условиях свободного дыхания ($p = 0,024$). Как результат, величина ЛСС в первые 30 сек после нагрузки была ниже при задержке дыхания по сравнению с условиями свободного дыхания ($p < 0,05$, рис. 2). Кроме того, восстановления

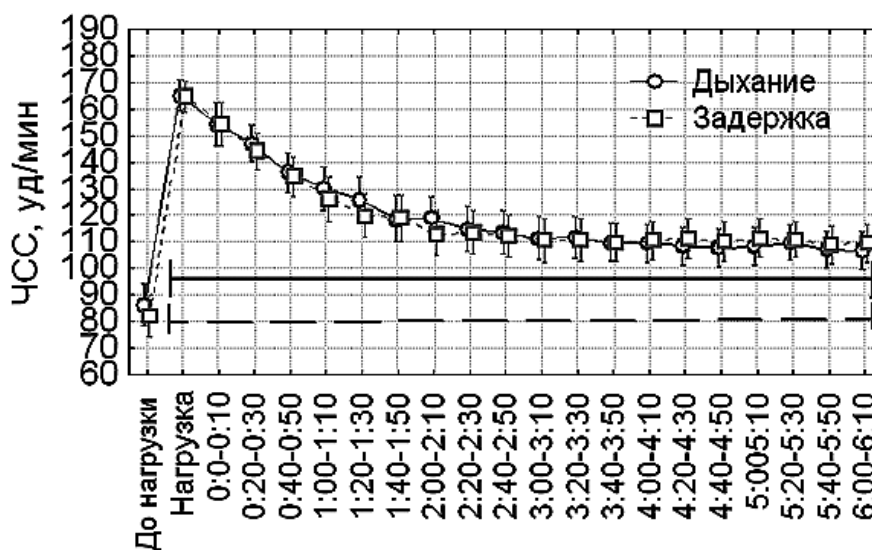


Рис. 1. Показатели ЧСС до и в течение 6 мин после максимальной нагрузки в тесте с задержкой и свободным дыханием ($M \pm$ ДИ): — $p < 0,05$ по сравнению с до нагрузки в тесте со свободным дыханием; — — — $p < 0,05$ по сравнению с до нагрузки в тесте с задержкой дыхания

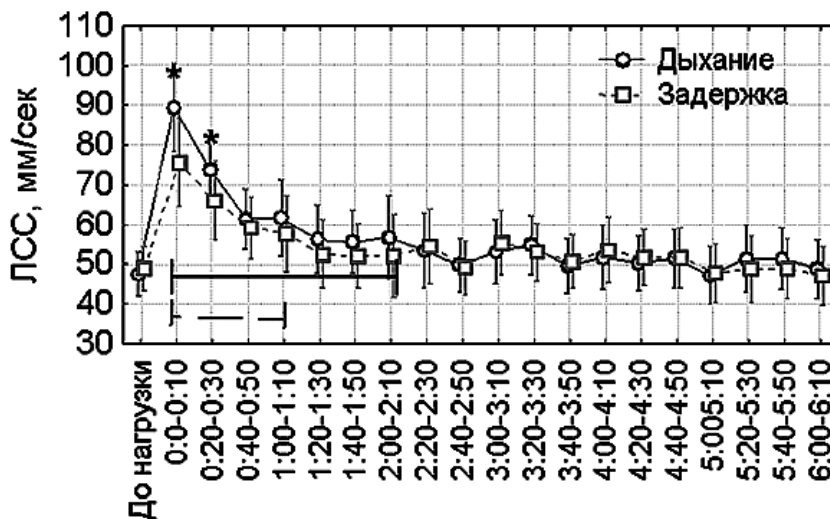


Рис. 2. Восстановление ЛСС после нагрузки. — $p < 0,05$ по сравнению с до нагрузки в тесте со свободным дыханием; - - - $p < 0,05$ по сравнению с до нагрузки в тесте с задержкой дыхания

ЛСС к донагрузочному уровню при задержке дыхания происходило быстрее. ЛСС была повышена в течение 2 мин 10 с при свободном дыхании и 1 мин 10 с – при задержке дыхания.

Задержка дыхания во время стабилотрии приводила к сохранению исходной уровня амплитуды колебаний – показателя Q_u , указывая на поддержание устойчивости вертикальной позы на донагрузочном уровне (рис. 3). Как

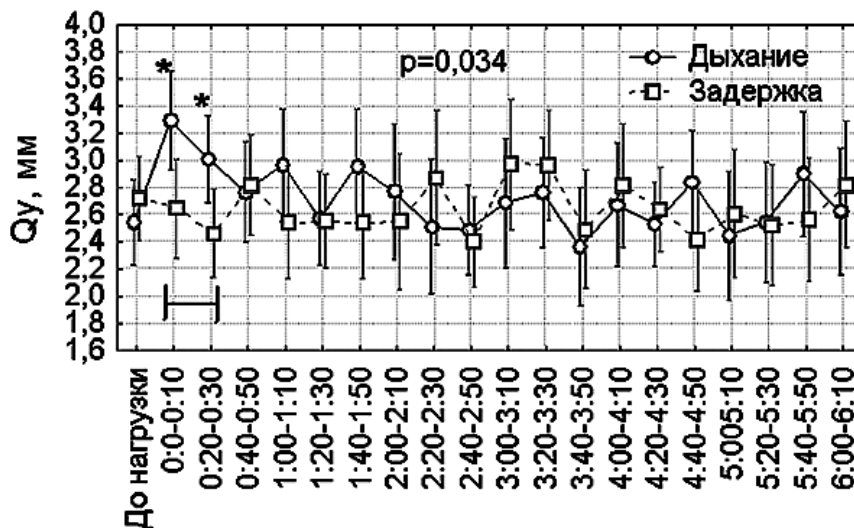


Рис. 3. Восстановление разброса по сагиттали (Q_u) после нагрузки: — $p < 0,05$ по сравнению с до нагрузки в тесте со свободным дыханием; - - - $p < 0,05$ по сравнению с до нагрузки в тесте с задержкой дыхания; * – $p < 0,05$ между группами «Дыхание» и «Задержка»

результат отсутствия прироста Q_u при задержке дыхания, при значительном увеличении этого параметра при свободном дыхании ($p = 0,013$), величины Q_u в течение 30 с были значительно ниже при задержке дыхания ($p < 0,05$) по сравнению со свободным дыханием (рис. 2).

Под влиянием максимальной нагрузки происходило увеличение абсолютной мощности во всех частотных диапазонах спектра при свободном дыхании ($p < 0,05-0,01$). Однако задержка дыхания снижала прирост абсолютной мощности колебаний в зоне низких частот – PwS (0,2–2 Гц) ($p < 0,01$). Как результат, PwS (0,2–2 Гц) стала ниже в стойке с задержкой дыхания (см. таблицу). Кроме того, при задержке дыхания абсолютная мощность очень низкочастотных колебаний оставалась на исходном уровне, в то время как при свободном дыхании она достоверно увеличивалась.

извольном дыхании. Более того, при задержке дыхания величина разброса по сагиттали, Q_u , оставалась без изменений, в то время как при свободном дыхании она значительно увеличивалась на 40 с (после работы «ногами»). Наши данные согласуются с результатами работы [9], в которой показано, что после максимальной велоэргометрической и после локальной силовой нагрузки на различные мышечные группы скорость колебаний ЛСС в значительной мере определяется высокой частотой дыхания. Кроме того, между скоростью колебаний вертикальной позы и легочной вентиляцией в начальный период восстановления (в первые 5 с восстановления) после силовых нагрузок на мышцы бедра, икроножные мышцы, бицепсы плеч и брюшной пресс отмечались сильные корреляции (все $r > 0,89 < 0,96$) [9]. Анализ роли задержки дыхания в регуляции посту-

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОЛЕБАНИЙ ОБЩЕГО ЦЕНТРА ДАВЛЕНИЯ ТЕЛА ПОСЛЕ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ ($M \pm s$)

Показатель	До нагрузки		После максимальной нагрузки «на ноги»		p-уровень	
	Дыхание	Задержка	Дыхание	Задержка	p1	p2
PwS (0–0,2 Гц), мм	10,5±7,5	11,5±8,6	17,6±13,7*	14,7±9,7		
PwS (0,2–2 Гц), мм	42,8±11,3	45,0±17,1	59,3±15,9**	49,3±12,9	< 0,01	< 0,01
PwS (2–5 Гц), мм	10,2±3,9	9,9±4,3	19,9±9,2**	18,2±6,9**		

Примечание: p1 – вероятность различий между группами «Дыхание» и «Задержка»; p2 – вероятность различий в изменении показателя в результате нагрузки между группами «Дыхание» и «Задержка»; */** – $p < 0,05/0,01$ – между до и после нагрузки в группе.

Обсуждение. Полученные результаты убедительно показывают, что легочная гипервентиляция после напряженной нагрузки вносит значительный вклад в снижение устойчивости вертикальной позы и повышение скорости ее колебаний. Это предположение может быть основано на фактах увеличения колебаний тела во время произвольной гипервентиляции [12]. Собственные данные показывают, что при задержке дыхания на вдохе ЛСС и Q_u были существенно ниже сразу после максимальной нагрузки ($p < 0,05$ для ЛСС и Q_u), чем при про-

ральной устойчивости показал, что апноэ после вдоха существенно увеличивает устойчивость вертикальной позы [11]. В данной работе представлено, что при задержке дыхания большинство параметров постурального контроля (скорость и амплитуды колебаний в сагиттальной и фронтальной плоскостях) были ниже примерно на 17–26 %, а амплитуда колебаний на частотах 0,12–0,88 Гц по фронтали и около 0,2 Гц по сагиттали были ниже, чем при обычном произвольном дыхании. Наши данные также показывают выраженное уменьшение мощ-

ности колебаний в зоне очень низких (0–0,2 Гц) и особенно существенно в зоне низких (0,2–2 Гц) частот при задержке дыхания после нагрузки. По-видимому, гипервентиляция вносит значительный вклад в колебания позы на низких и очень низких частотах, которые являются наибольшими по амплитуде колебаний и во многом определяют общую скорость колебаний общего центра давления тела [11].

Интересным фактом является сокращение периода восстановления ЛСС на фоне задержки дыхания после нагрузки: 140 с при дыхании и 80 с при задержке дыхания. Механизмы, которые лежат в основе более быстрого восстановления ЛСС при задержке дыхания, из наших данных выяснить сложно. Можно предположить, что это обусловлено просто меньшим приростом ЛСС в первые секунды после нагрузки, в результате при равной скорости восстановления достижение исходного уровня будет происходить быстрее. То есть более быстрое восстановления скорости колебания обусловлено меньшими сдвигами после нагрузки и компенсацией оставшихся нарушений постурального контроля прекращением дыхательных движений. Есть ли какие-либо эффекты кратковременной прерывистой задержки дыхания на скорость восстановления метаболизма в рабочих тканях и крови нам не известно. Считается, что задержка дыхания на вдохе будет ускорять венозный возврат крови к сердцу и оптимизировать центральное кровообращение и, следовательно, нарушенный после нагрузки кровоток в головном мозге [13], способствуя более быстрому восстановлению

функций центральной нервной системы, повышая эффективность использования интеллектуальных ресурсов в постуральном контроле [14]. Кроме того, задержка дыхания на вдохе увеличивает активность дыхательных экспираторных мышц [15], что увеличивает жесткость позвоночного столба и туловища [16] и может увеличить устойчивость позы через рост соматосенсорной афферентации во время физического утомления.

Однако задержка дыхания полностью компенсировала увеличение разброса колебаний – Qu, но вызывала только частичное уменьшение прироста ЛСС. Следовательно, часть увеличения ЛСС после нагрузок не связано с легочной вентиляцией, но обусловлена другими факторами. Например, нарушением проприорецепции постуральных мышц в результате накопления метаболитов или нарушением интеграции сенсорной информации в центральной нервной системе в результате периферического [8] и/или центрального утомления [17].

Заключение. Гипервентиляция, вызванная интенсивной физической нагрузкой, является важным фактором снижающим устойчивость вертикальной позы в ранний период восстановления. Задержка дыхания практически полностью нивелирует увеличение амплитуды колебаний в сагиттальной плоскости на неустойчивой опоре – пресс-папье и существенно сдерживает прирост скорости колебаний вертикальной позы. В спортивной практике для кратковременного повышения устойчивости вертикальной позы можно использовать задержку дыхания на вдохе.

Список литературы

1. Era P., Kontinen N., Mehto P. et al. Postural Stability and Skilled Performance – a Study on Top Level and Naive Rifle Shooters // J. Biomech. 1996. Vol. 29. P. 301–306.
2. Gautier G., Thouwarecq R., Vuillerme N. Postural Control and Perceptive Configuration: Influence of Expertise in Gymnastics // Gait & Posture. 2008. Vol. 28. P. 46–51.
3. Perrot C., Deviterne D., Perrin P. Influence of Training on Postural and Motor Control in a Combative Sport // J. Hum. Mov. Stud. 1998. Vol. 35. P. 119–135.
4. Paillard T., Noé F., Rivière T., Marion V. et al. Postural Performance and Strategy in the Unipedal Stance of Soccer Players at Different Levels of Competition // J. Athl. Train. 2006. Vol. 41(2). P. 172–176.

5. Гурфинкель В.С., Коц Я.М., Шик М.Л. Регуляция позы человека. М., 1965. 256 с.
6. Massion J. Postural Control System // *Curr. Opin. Neurobiol.* 1994. Vol. 4 (6). P. 877–887.
7. Мельников А.А., Савин А.А., Емельянова Л.В., Викулов А.Д. Устойчивость позы во время статического напряжения до и после субмаксимального аэробного велоэргометрического теста у спортсменов // *Физиология человека.* 2012. Т. 38, № 2. С. 66–72.
8. Paillard T. Effects of General and Local Fatigue on Postural Control: A Review // *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2012. Vol. 36 (1). P. 162–176.
9. Zemková E., Hamař D. Physiological Mechanisms of Post-Exercise Balance Impairment // *Sports Med.* 2014. Vol. 44. P. 437–448.
10. Белоцерковский З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности. М., 2006. 312 с.
11. Caron O.A., Gelat T., Rougier P., Blanche J.P. Comparative Analysis of the Center of Gravity and Center of Pressure Trajectory Path Lengths in Standing Posture: An Estimation of Active Stiffness // *J. Appl. Biomech.* 2000. Vol. 16(1). P. 234–247.
12. Sakellari V., Bronstein A.M. Hyperventilation Effect on Postural Sway // *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 1997. Vol. 78(7). P. 730–736.
13. Rickards C.A., Ryan K.L., Cooke W.H., Lurie K.G. et al. Inspiratory Resistance Delays the Reporting of Symptoms with Central Hypovolemia: Association with Cerebral Blood Flow // *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 2007. Vol. 293(1). P. 243–250.
14. Woollacott M., Shumway-Cook A. Attention and the Control of Posture and Gait: A Review of an Emerging Area of Research // *Gait Posture.* 2002. Vol. 16(1). P. 1–14.
15. Hudson A.L., Butler J.E., Gandevia S.C., De Troyer A. Interplay Between the Inspiratory and Postural Functions of the Human Parasternal Intercostal Muscles // *J. Neurophysiol.* 2010. Vol. 103(3). P. 1622–1629.
16. Shirley D., Hodges P.W., Eriksson A.E., Gandevia S.C. Spinal Stiffness Changes Throughout the Respiratory Cycle // *J. Appl. Physiol.* 2003. Vol. 95(4). P. 1467–1475.
17. Mello R.G., de Oliveira L.F., Nadal J. Effects of Maximal Oxygen Uptake Test and Prolonged Cycle Ergometer Exercise on the Quiet Standing Control // *Gait Posture.* 2010. Vol. 32(2). P. 220–225.

References

1. Era P., Konttinen N., Mehto P., et al. Postural Stability and Skilled Performance – a Study on Top Level and Naive Rifle Shooters. *J. Biomech.*, 1996, vol. 29, pp. 301–306.
2. Gautier G., Thouvenot R., Vuillerme N. Postural Control and Perceptive Configuration: Influence of Expertise in Gymnastics. *Gait & Posture*, 2008, vol. 28, pp. 46–51.
3. Perrot C., Deviterne D., Perrin P. Influence of Training on Postural and Motor Control in a Combative Sport. *J. Hum. Mov. Stud.*, 1998, vol. 35, pp. 119–135.
4. Paillard T., Noé F., Rivière T., Marion V., et al. Postural Performance and Strategy in the Unipedal Stance of Soccer Players at Different Levels of Competition. *J. Athl. Train.*, 2006, vol. 41 (2), pp. 172–176.
5. Гурфинкель В.С., Коц Я.М., Шик М.Л. *Регуляция позы человека* [Regulation of Human Posture]. Moscow, 1965. 256 p.
6. Massion J. Postural Control System. *Curr. Opin. Neurobiol.*, 1994, vol. 4 (6), pp. 877–887.
7. Мельников А.А., Савин А.А., Емельянова Л.В., Викулов А.Д. Устойчивость позы во время статического напряжения до и после субмаксимального аэробного велоэргометрического теста у спортсменов [Postural Stability During Static Strain Before and After a Submaximal Aerobic Bicycle Test in Athletes]. *Физиология человека*, 2012, vol. 38, no. 2, pp. 66–72.
8. Paillard T. Effects of General and Local Fatigue on Postural Control: A Review. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 2012, vol. 36 (1), pp. 162–176.
9. Zemková E., Hamař D. Physiological Mechanisms of Post-Exercise Balance Impairment. *Sports Med.*, 2014, vol. 44, pp. 437–448.
10. Белоцерковский З.Б. *Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности* [Ergometric and Cardiac Criteria of Physical Capacity for Work]. Moscow, 2006. 312 p.
11. Caron O.A., Gelat T., Rougier P., Blanche J.P. Comparative Analysis of the Center of Gravity and Center of Pressure Trajectory Path Lengths in Standing Posture: An Estimation of Active Stiffness. *J. Appl. Biomech.*, 2000, vol. 16 (3), pp. 234–247.

12. Sakellari V., Bronstein A.M. Hyperventilation Effect on Postural Sway. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 1997, vol. 78 (7), pp. 730–736.
13. Rickards C.A., Ryan K.L., Cooke W.H., Lurie K.G., et al. Inspiratory Resistance Delays the Reporting of Symptoms with Central Hypovolemia: Association with Cerebral Blood Flow. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.*, 2007, vol. 293 (1), pp. 243–250.
14. Woollacott M., Shumway-Cook A. Attention and the Control of Posture and Gait: A Review of an Emerging Area of Research. *Gait Posture*, 2002, vol. 16 (1), pp. 1–14.
15. Hudson A.L., Butler J.E., Gandevia S.C., De Troyer A. Interplay Between the Inspiratory and Postural Functions of the Human Parasternal Intercostal Muscles. *J. Neurophysiol.*, 2010, vol. 103(3), pp. 1622–1629.
16. Shirley D., Hodges P.W., Eriksson A.E., Gandevia S.C. Spinal Stiffness Changes Throughout the Respiratory Cycle. *J. Appl. Physiol.*, 2003, vol. 95 (4), pp. 1467–1475.
17. Mello R.G., de Oliveira L.F., Nadal J. Effects of Maximal Oxygen Uptake Test and Prolonged Cycle Ergometer Exercise on the Quiet Standing Control. *Gait Posture*, 2010, vol. 32 (2), pp. 220–225.

Nikolaev Roman Yuryevich

Soloviev Rybinsk State Aviation Technical University (Rybinsk, Russia)

Melnikov Andrey Aleksandrovich

Yaroslavl State Pedagogical University named after K.D. Ushinsky (Yaroslavl, Russia)

THE ROLE OF BREATH-HOLDING IN MAINTAINING POSTURAL STABILITY AFTER MAXIMAL EXERCISE

We measured stability of the vertical posture before and after the maximal bicycle exercise (Wingate test, Monark 828E) using stabilography (Stabilan 1-02, OKB "Ritm") on an unstable surface (paperweight) at even breathing and inspiratory breath-holding. We found that exercise increased the amplitude ($p < 0.05$ during 30 seconds) and velocity ($p < 0.01$ during 2 min 10 sec) of vertical posture oscillations at even breathing. Furthermore, after the load we saw a rise in absolute oscillation power within all frequency ranges of the spectrum. Breath-holding, however, impeded absolute power increase within the low frequency range ($p < 0.01$). Breath-holding after a physical load helped preserve the initial level of oscillation amplitude as well as hamper linear velocity ($p < 0.05$) and the power of low-frequency oscillations of the body ($p < 0.01$). In addition, the recovery period for the oscillation rate at breath-holding was 1 min less. The obtained results clearly show that pulmonary hyperventilation following an intense exercise significantly reduces vertical stability, while breath-holding, in contrast, allows one to maintain amplitude of oscillations on the initial level and considerably hamper the rise in oscillation velocity. Thus, short-term postural stability at bodily fatigue in athletes can be achieved by inspiratory breath-holding.

Keywords: *stabilography, postural balance, exercise, apnea, fatigue.*

Контактная информация:

Николаев Роман Юрьевич

адрес: 152907, Ярославская обл., г. Рыбинск, просп. Ленина, д. 191;

e-mail: Nikolaev.R.U@yandex.ru;

Мельников Андрей Александрович

адрес: 150000. г. Ярославль, ул. Республиканская, д. 108;

e-mail: meln1974@yandex.ru

Рецензент – *Грибанов А.В.*, доктор медицинских наук, профессор, директор института медико-биологических исследований САФУ имени М.В. Ломоносова