

Kononov Anton Fedorovitch – Joint Stock Company «ОКБ «Ritm»; e-mail: developers@stabilan.ru; 99, Petrovskaya street, Taganrog, Russia; phone: +78634614016; leading engineer; cand. eng. sc.

Perejaslov Grigori Anatolevitch – e-mail: offise@stabilan.com.ru; the department chef.

Hlabustin Boris Ivanovitch – e-mail: developers@stabilan.ru; the department chef.

Levchenko Dmitri Alexandrovitch – Kuban State University of Physical Education, Sport and Tourism; e-mail:levchenkodima@mail.ru; 161, Budyonnoiy street, Krasnodar, Russia; phone: +78612550171125; cand. of ped. sc.; assistant professor.

Tsirulic Dmitri Vladimirovitch – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail:doodlecraft@gmail.com; GSP 17A, 44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371606; cand. of eng. sc.

Yugai Vladislav Yakovlevich – e-mail:yugaivlad@pochta.ru; phone: +78634371689; the department of automatic control system; cand. of eng. sc.; assistant professor.

УДК 612.13

А.А. Мельников, С.Г. Попов, А.В. Борисов

МЕХАНИЗМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ОРТОСТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ У СПОРТСМЕНОВ ПОСЛЕ АЭРОБНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Исследована ортостатическая устойчивость на фоне утомления после длительной аэробной физической нагрузки у спортсменов (n=32). Ортостатическая устойчивость определялась по реакции на тилт-тест показателей периферической гемодинамики в регионах: голова, абдоминальная часть туловища, верхние и нижние конечности, до и через 10 минут после стандартной 45-минутной велоэргометрической нагрузки (ЧСС=145 уд/мин). До нагрузки спортсмены с большей работоспособностью проявили повышенную ортостатическую устойчивость. У спортсменов отмечалось менее выраженная тахикардия и менее выраженное снижение СОК в голове, а также более выраженное снижение реографического показателя регионального систолического объема крови (СОК) в ногах, руках и животе. После нагрузки реакция СОК в руках, животе и голове в ответ на тилт-тест у спортсменов с наибольшей работоспособностью не отличалась от контроля, а СОК в ногах снижался также более выражено. Мы полагаем, что отсутствие различий в реакции на ортостаз показателей периферического кровотока после большей по интенсивности выполненной нагрузки и потерянного объема жидкости тела во время работы, указывает на повышенную способность сохранять ортостатическую устойчивость у спортсменов на фоне утомления, несмотря на больший уровень дегидратации организма.

Ортостатическая устойчивость; гемодинамика; тилт-тест; спортсмены.

A.A. Melnikov, S.G. Popov, A.V. Borisov

MECHANISMS OF POSTURAL STABILITY IN ATHLETES DURING FATIGUE AFTER AEROBIC EXERCISE

The orthostatic tolerance prior and in fatigue after prolonged aerobic exercise in athletes (n =32) were studied. The orthostatic tolerance were determined in base on reactions of peripheral hemodynamics' indexes (peripheral regions: "legs", "hands", "head" and "abdomen") to tilt-test prior and 10 min after standard 45-min bicycle exercise at intensity (heart rate=145 bit/min). Prior to exercise athletes with higher physical work capacity had an increased tolerance to orthostatic stress. A lower tachycardia and a higher rate of a decrease of impedance index of systolic blood volume (SBV) in legs, hands and abdomen regions of body, and a lower rate of a decrease of SBV in

head were obtained in athletes. At fatigue after aerobic exercise the reactions of SBV in head, hands and abdomen to tilt-test were similar between athletes and controls, but SBV in legs decreased also more significantly in athletes as prior to exercise. We suggest that the equal reactions of peripheral hemodynamics indexes in response to orthostatic stress after higher intensity physical work and a higher loss of body fluids indicated to higher capacity to preserve orthostatic tolerance in athletes at fatigue regardless of a higher dehydration of body evoked physical exercise.

Orthostatic tolerance; tilt-test; fatigue; athletes.

Введение. Механизмы обеспечения ортостатической устойчивости у человека до настоящего времени остаются полностью не раскрытыми. Вертикальное положение тела – ортостаз – предъявляет повышенные требования к регуляции аппарата кровообращения вследствие снижения венозного возврата крови из-за ее оттока в сосуды нижних конечностей [1]. Считается, что регуляторные физические нагрузки оптимизируют регуляторные системы, повышая устойчивость организма к резким перепадам кровенаполнения центрального региона тела, связанными с ортостатическим стрессом [2]. Проблема ортостатической устойчивости еще больше обостряется на фоне физического утомления, после длительных физических нагрузок. Показано, что после марафона значительная часть испытуемых испытывают ортостатический синдром [3]. Таким образом, целью работы было исследовать ортостатическую устойчивость спортсменов на фоне утомления после длительной аэробной физической нагрузки. Ортостатическую устойчивость оценивали по реакции кровотока в периферических регионах тела человека: голова, живот, руки, ноги в ответ на тилт-тест до и после 40–45 мин аэробной нагрузки.

Организация и методы исследования. Исследование выполнено на спортсменах, тренирующихся на развитие выносливости: лыжные гонки, бег на средние дистанции, футбол (Спортсмены, n=32) и лицах, не занимающихся спортом (Контроль, n=28).

Показатели кровотока определяли одновременно в 4 регионах: голове (от основания шеи до висков), ногах (от паха до стопы), руках (от запястья до плеча) и абдоминальном регионе туловища («живот» – от мечевидного отростка до паха) с помощью аппаратно-программного комплекса «Анализатор гемодинамики импедансный» (Медасс). Особенности метода: генерированный ток 1000 кГц одновременно распределяется по 125 кГц на 8 каналов: 1–2: левая и правая руки, 3–4: левая и правая ноги; 5 – абдоминальная часть туловища (живот); 6 – голова; 7 – ЭКГ в 1 отведении и 8 – реопневмограмма. Регистрировались импедансные показатели (амплитудные и временные показатели реограммы), по которым рассчитывался реографический показатель систолического объема крови соответствующего региона (СОК).

Ортостаз вызывали с помощью тилт-теста на самодельном поворотном ортостоле. Режим обследования был следующий: 5 мин положение лежа для стабилизации показателей к положению лежа → 6 мин измерение показателей лежа → пассивный переход из положения лежа в положение стоя (3–4 секунды) → 2 мин адаптация к ортостазу → 9–10 минута измерение показателей периферической гемодинамики в положение стоя → пассивный переход в положение лежа.

Реакцию на тилт-тест выполняли до и через 10 минут после стандартной по ЧСС аэробной физической нагрузки на велоэргометре.

Физическая нагрузка. Испытуемым предлагали выполнить субмаксимальную физическую нагрузку на велоэргометре “Kettler FX1” в течение 30 мин с нагрузкой, соответствующей значениям ЧСС на уровне 145 уд/мин и скоростью вращения педалей 70–75 об/мин [4]. Вначале испытуемый выполнял ступенчато-возрастающую нагрузку для достижения уровня ЧСС=145±2 уд/мин (с 50 Вт по 2 мин с шагом 30 Вт). Далее испытуемый продолжал выполнять упражнение при стандартной нагрузке в течение 30 мин. Общая продолжительность физической нагрузки составляла 40–45 мин.

Статистика. Полученные данные обработаны в программе Statistica 6.0. Результаты представлены как $M \pm St.$ Отк. Различия в реакции показателей на ортостаз между группами определяли с помощью однофакторного анализа для повторных измерений.

Результаты и их обсуждение.

Характеристика спортсменов. Спортсмены были разделены на 2 группы по уровню физической работоспособности. В группу PWChigh вошли спортсмены ($n=14$) с величинами мощности нагрузки при ЧСС=145 уд/мин ($W_{145} \geq 185$ Вт (верхняя квартиль индекса W_{145}), а в группу PWClow вошли спортсмены ($n=18$) с величинами $W_{145} < 185$ Вт. Спортсмены обеих групп не отличались по антропометрическим данным. Спортсмены группы PWChigh за период работы потеряли больше жидкости ($0,6 \pm 0,2$ кг), чем спортсмены группы PWClow ($0,4 \pm 0,1$ кг) или контроль ($0,3 \pm 0,1$ кг) в результате выполнения более интенсивной нагрузки.

Реакция ЧСС на ортостаз. ЧСС лежа до нагрузки была ниже в обеих группах спортсменов ($p < 0,05-0,01$), а после нагрузки, только в группе PWChigh ($p < 0,01$). В положении стоя ЧСС была также ниже только в группе PWChigh ($p < 0,01$), чем в контроле или в группе PWClow ($p < 0,01$). В ответ на тилт-тест до нагрузки ЧСС увеличивалась во всех группах испытуемых, но менее выражено в группе PWChigh (ANOVA, $p=0,035$). После нагрузки ЧСС стала выше во всех группах, степень прироста ЧСС в ответ на ортостаз увеличилась во всех группах. Различий в приросте ЧСС между группами не выявлено.

Кровоток в верхних конечностях (руки). Реографический показатель систолического объема крови в «руках» (СОКруки) был выше у спортсменов, чем в контроле как в положении лежа, так и стоя по сравнению с контролем, как до нагрузки, так и через 10 мин после нее (рис. 1). В ответ на тилт-тест СОКруки снижался в обеих группах, однако по данным ANOVA в обеих группах спортсменов степень снижения СОКруки до нагрузки была выше, чем в контроле. После нагрузки во всех группах СОКруки в положении стоя стал меньше (для всех $p < 0,01$), чем в этом же положении до нагрузки. Реакция СОКруки на тилт-тест после нагрузки у спортсменов не отличалась от реакции этого показателя в контроле. Таким образом, физическая нагрузка привела к большим изменениям реакции СОКруки у спортсменов (ANOVA, $p < 0,05$), а степень снижения СОКруки на ортостаз у спортсменов была более выражена только до нагрузки.

Кровоток в абдоминальном регионе туловища (живот). СОКживот также как и в руках был повышен у спортсменов ($p < 0,01$) и снижался в наибольшей степени у спортсменов при тилт-тесте до нагрузки (рис. 2). После нагрузки во всех группах СОКживот в положении стоя стал меньше (для всех $p < 0,05$), чем в этом же положении до нагрузки. Реакция СОКживот на ортостаз после нагрузки у спортсменов стала такой же, как и в контроле.

Кровоток в нижних конечностях (ноги). СОКноги был выше у спортсменов, чем в контроле как в положении лежа, так и стоя по сравнению с контролем как до нагрузки, так и через 10 мин после нее (рис. 3). В ответ на тилт-тест СОКноги снижался в обеих группах, но степень снижения СОКноги у спортсменов была выше, чем в контроле как до, так и после нагрузки. После нагрузки во всех группах СОКноги в положении стоя стал меньше (для всех $p < 0,01$), чем в этом же положении до нагрузки. Таким образом, повышенная степень снижения СОК в ногах в ответ на тилт-тест у спортсменов была устойчиво выше как до, так и после нагрузки.

Кровоток в голове. СОК в голове был так же, как и в других периферических регионах выше у спортсменов по сравнению с контролем. В ответ на ортостаз СОКголова снижался во всех группах, но степень снижения у спортсменов группы PWChigh до нагрузки была наименьшая как по сравнению с контролем (рис. 4,

$p=0,05$), так и по сравнению со спортсменами группы PWClow ($p<0,01$). После нагрузки во всех группах СОКголова в положении стоя стал меньше (для всех $p<0,01$), чем в этом же положении до нагрузки. Степень снижения СОКголова в ответ на тилт-тест после нагрузки не отличался между группами.

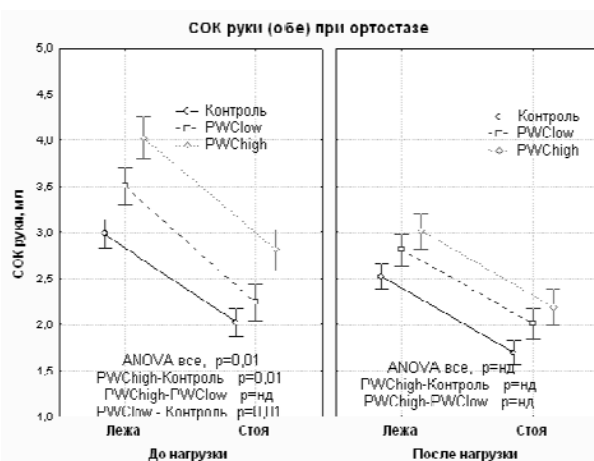


Рис. 1. Реакция СОК в «руках» в ответ на тилт-тест до и после нагрузки в группах спортсменов и контроля ($M \pm 95\%$ Д.И.)

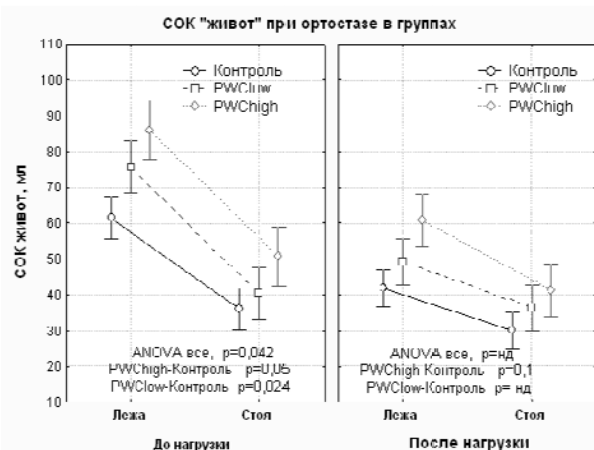


Рис. 2. Реакция СОК в «животе» в ответ на тилт-тест до и после нагрузки в группах спортсменов и контроля ($M \pm 95\%$ Д.И.)

Заключение. Проведенное исследование показало, что спортсмены с высокой работоспособностью в исходном состоянии отличаются повышенной ортостатической устойчивостью, на это указывали менее выраженное увеличение ЧСС и снижение СОК в сосудах головы в ответ на тилт-тест. На фоне физического утомления после аэробной физической нагрузки ортостатическая устойчивость снижается, на что указывали повышенное увеличение ЧСС в ответ на тилт-тест и сниженные уровни реографических показателей систолического объема крови в положении стоя во всех периферических регионах (голова, руки, живот, ноги) у испытуемых. Степень снижения СОК во всех периферических регионах (кроме региона ноги), а также прирост ЧСС в ответ на тилт-тест после нагрузки были оди-

наковыми во всех группах. Учитывая, что у спортсменов с высокой работоспособностью произошла большая потеря жидкости за время работы, что нарушает условия кровообращения, мы полагаем, что спортсмены способны поддерживать высокую ортостатическую устойчивость и на фоне физического утомления.

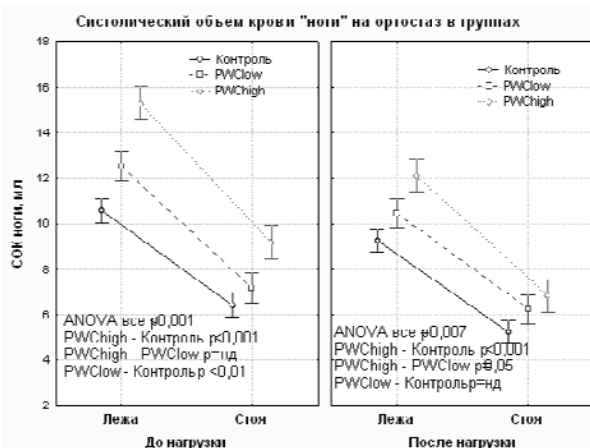


Рис. 3. Реакция СОК в «животе» в ответ на тилт-тест до и после нагрузки в группах спортсменов и контроля ($M \pm 95\%$ Д.И.)

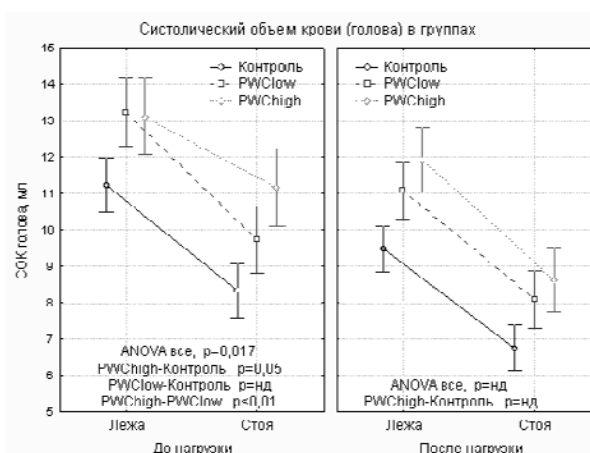


Рис. 4. Реакция СОК в «голове» в ответ на тилт-тест до и после нагрузки в группах спортсменов и контроля ($M \pm 95\%$ Д.И.)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Van Lieshout J.J., Wieling W. et al. Syncope, cerebral perfusion and oxygenation // J. Appl. Physiol. – 2003. – Vol. 94. – P. 833-848.
2. Raven P., Pawluczyc J. Chronic endurance training: A condition of inadequate blood pressure regulation and reduced tolerance to LBNP // Med. Sci. Sports Exer. – 1993. – Vol. 25. – P. 713-712.
3. Lucas S.J.E., Cotter J.D., Murrell C, Mechanisms of orthostatic intolerance following very prolonged exercise // Jour. Appl. Physiology. – 2008. – Vol. 105. – P. 213-225.
4. Williams J.T., Pricher M.P., Halliwill J.R. Is postexercise hypotension related to excess postexercise oxygen consumption through changes in leg blood flow? // J. Appl. Physiol. – 2005. – Vol. 98. – P. 1463-1468.

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

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.биол.н.; доцент.

Попов Сергей Геннадьевич – e-mail: a.melnikov@yspu.yar.ru; тел: 89611623320; кафедра физического воспитания; ассистент; аспирант.

Борисов Александр Викторович – ВУНЦ ВВС РФ «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» филиал г. Ярославль; e-mail: a.melnikov@yspu.yar.ru; 150001, г. Ярославль, Московский проспект, 28; тел.: +79611623320; кафедра физической подготовки; начальник кафедры; к.п.н.; доцент.

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

Popov Sergey Gennadievich – e-mail: a.melnikov@yspu.yar.ru; phone: +79611623320; the department of physical culture and exercise; assistant; aspirant.

Borisov Alexander Viktorovich – Yaroslavl Air Force Academy named after prof. N.E. Zhukovskii and Y.A. Gagarin; e-mail: a.melnikov@yspu.yar.ru; 28, Moscow pr., Yaroslavl, 150001, Russia; phone: +79611623320; the department of physical training; head the department; cand. of ped. sc.; associate professor.

УДК 612.821

Ю.М. Брумштейн, Ю.Ю. Аксенова

КОМПЬЮТЕРИЗОВАННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СКОРОСТИ РЕАКЦИЙ И ТОЧНОСТИ МОТОРИКИ ПАЛЬЦЕВ РУК

Рассмотрены цели и функционально-методические особенности психофизиологического тестирования человека с помощью ПЭВМ. Описаны особенности структурированного хранения данных тестирования в информационных системах. Показаны возможные направления использования различных видов манипуляторов – «мышь» и некоторых других устройств. Обоснована продуктивность используемой классификации заданий по группам. Подробно описаны оригинальные варианты тестовых заданий для всех групп, способы обеспечения их вариативности при тестировании, адаптивных подходов к тестированию. Проанализированы особенности программно-аппаратной реализации тестовых заданий. Исследованы направления математической обработки данных тестирования.

Психофизиологическое тестирование; методики; компьютеризация; обработка данных; оценка результатов.

U.M. Brumshteyn, J.U. Aksenova

COMPUTERIZED METHODS FOR INVESTIZATION OF SPEED REACTIONS AND FINZERS MOTILITY ACCURACY

The aims and methodology of functional features for man psycho physiological testing by means of PC are considered. The features of structured testing data storage in information systems are described. Possible usage for different types of «mouse» manipulators and some other devices are shown. Efficiency of classification used for group tasks is proved. Original versions of tests for all groups, ways of ensuring their variability during testing, adaptive approaches to testing are described in detail. The features of software and hardware realization for test tasks are analyzed. The directions of mathematical processing for test data are investigated.

Psycho physiological testing; methods; computerization; processinz data; evaluation of results.