

**ЖУРНАЛ ЛЕГКОЇ АТЛЕТИКИ ВИПУСК 2**  
**2018**

ЗМІСТ

**ТЕОРІЯ І МЕТОДИКА ТРЕНУВАННЯ В ЛЕГКІЙ АТЛЕТИЦІ**

ВАСІРУК М., ІВАСЬКІВ С. ДИНАМІКА ПОКАЗНИКІВ ТРЕНУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ В ПІДГОТОВЦІ БІГУНІВ НА КОРОТКІ ДИСТАНЦІЇ .....	6-9
ВРУБЛЕВСКИЙ Е., ХОРШИД А. ОРГАНІЗАЦІЯ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕСА БЕГУНОВ НА КОРОТКІЕ ДИСТАНЦІИ В ГОДИЧНОМ ЦИКЛЕ .....	10-13
ДРУЗЬ В. А., БОНДАРЕНКО Р. ДИНАМІКА ПОКАЗНИКІВ РІВНЯ ШВИДКІСНО-СИЛОВОЇ ТА ПСИХОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ СТИБУНІВ У ВИСОТУ .....	14-18
ДРУЗЬ В. А., ОСИПЕНКО О. ДИНАМІКА ПОКАЗНИКІВ РІВНЯ СПЕЦІАЛЬНОЇ ФІЗИЧНОЇ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ БІГУНІВ НА СЕРЕДНІ ДИСТАНЦІЇ .....	19-21
ЄФРЕМЕНКО А. М., ДРУЗЬ В. А. НОРМАТИВНИЙ ПІДХІД У ХАРАКТЕРИСТИЦІ КОЛИВАННЯ ПРОЯВІВ РУХОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ІНДИВІДА .....	22-26
НАСОНКІНА О. Ю. ДИНАМІКА ПОКАЗНИКІВ РІВНЯ ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИЧНОЇ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ ЮНИХ СПРИНТЕРІВ .....	27-30
РИБАЛЬЧЕНКО Т. П. ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ СТИБУНІВ У ВИСОТУ РІЗНОЇ КВАЛІФІКАЦІЇ .....	31-35
РИБАЛЬЧЕНКО Т. П., КИЛИПКО М. ДИНАМІКА ПОКАЗНИКІВ РІВНЯ СПЕЦІАЛЬНОФІЗИЧНОЇ ТА ТЕХНІЧНОЇ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ СТИБУНОК З ЖЕРДИНОЮ.....	36-40
РИБАЛЬЧЕНКО Т. П., ТАБАШНИК К. ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ СТИБУНОК У ВИСОТУ РІЗНОЇ КВАЛІФІКАЦІЇ .....	41-45
РОЖКОВ В. О. БІОМЕХАНІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІКИ ЗМАХУ МОЛОТУ .....	46-48
САМОЛЕНКО Т., АПАЙЧЕВ О., ПРИХОДЬКО В., КОВАЛЬОВА А. ОСОБЛИВОСТІ ВЕДЕННЯ ТАКТИЧНИХ ДІЙ В БІГУ НА СЕРЕДНІ ДИСТАНЦІЇ.....	49-51

**ЖУРНАЛ ЛЕГКОЇ АТЛЕТИКИ ВИПУСК 2**

**2018**

**ОЗДОРОВЧЕ І ПРИКЛАДНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ЛЕГКОАТЛЕТИЧНИХ ВПРАВ**

АДЖАМЕТОВА Л., ШЕСТЕРОВА Л.  
ОСОБЛИВОСТІ ФІЗИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ БІГУНІВ-СПРИНТЕРІВ З ВАДАМИ  
ЗОРУ.....53-57

ІНДИЧЕНКО Л., ХАУССІ О., ІВАЧЕНКО В.  
ЗАСТОСУВАННЯ ПСИХОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ В ЛЕГКОАТЛЕТИЧНИХ ВИДАХ  
СПОРТУ.....58-62

НЕПША О., СУХАНОВА Г., УШАКОВ В.  
РОЗВИТОК ПРУДКОСТІ ШКОЛЯРІВ НА ЗАНЯТТЯХ У СЕКЦІЇ З ЛЕГКОЇ  
АТЛЕТИКИ.....63-66

ПУЗДИМІР М., ГОРДІЙ В., БУЗНІКОВАТА Ю.  
УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАГАЛЬНОЇ ВИТРИВАЛОСТІ СТУДЕНТІВ ЗАСОБАМИ  
ФІЗИЧНОГО ВИХОВАННЯ .....67-70

ШЕЙКО Л. В.  
ЗАСТОСУВАННЯ ЛЕГКОАТЛЕТИЧНИХ ВПРАВ ДЛЯ РОЗВИТКУ ФІЗИЧНИХ  
ЯКОСТЕЙ ПЛАВЦІВ 8-10 РОКІВ .....71-75

**МЕДИЧНО-БІОЛОГІЧНІ ТА БІОМЕХАНІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ В ЛЕГКІЙ  
АТЛЕТИЦІ**

ФИЛИППОВ В., ИЛЬИН А., КЛИМЕНКО В., ПОРТНИЧЕНКО М.  
ИЗМЕНЕНИЯ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ ФУНКЦИЙ ОРГАНИЗМА ЛЕГКОАТЛЕТОВ-  
СРЕДНЕВИКОВ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯ.....77-81

4

доктор биологических наук, профессор,  
профессор кафедры медико-биологических дисциплин

[filmish@ukr.net](mailto:filmish@ukr.net)

доктор биологических наук, профессор,  
профессор кафедры медико-биологических дисциплин

кандидат наук по физическому воспитанию и спорту,  
старший преподаватель кафедры спорта и фитнеса

кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник,  
заведующий отделом

физиологии и патофизиологии экстремальных состояний

<sup>1</sup>Национальный университет физического воспитания и  
спорта Украины, Киев

<sup>2</sup>Киевский университет им. Бориса Гринченка, Киев

<sup>3</sup>Международный научный центр астрономических и  
медико-экологических исследований НАН Украины, Киев,

## **ИЗМЕНЕНИЯ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ ФУНКЦИЙ ОРГАНИЗМА ЛЕГКОАТЛЕТОВ-СРЕДНЕВИКОВ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯ**

**Аннотация.** Выявлено, что уже на высоте 2100м н.у.м. в покое кислородные режимы организма (КРО) у легкоатлетов-средневикиков характеризуются возрастанием скорости поступления  $O_2$  в альвеолы и транспорта его артериальной и смешанной венозной кровью, повышением вентиляционного и гемодинамического эквивалентов. При этом КРО становятся более напряженными: снижается  $PO_2$  в альвеолах до  $85,2 \pm 2,3$ , в артериальной крови – до  $60 \pm 1,2$  мм рт.ст. На высоте 3500 м н.у.м. падает скорость перемещения  $O_2$  в организме, ухудшается экономичность внешнего дыхания, нарушается кислотно-основное состояние крови, развивается вторичная тканевая гипоксия.

**Ключевые слова:** гипоксия, внешнее дыхание, кровообращение.

**Актуальность.** Известно, что при гипоксии нагрузки, развивающейся при мышечной деятельности, также как и при других типах гипоксии, сдвигается ионное равновесие, нарушается кислотно-основное состояние (КОС), изменяются буферные свойства крови и сродство гемоглобина к  $O_2$  [1; 2; 4; 6], развивается венозная гипоксемия [7]. То есть, возникающая при мышечной деятельности гипоксия, по сравнению с горной гипоксией, имеет как общие, так и отличительные черты [6].

Так как наиболее естественным условием для развития гипоксического состояния в здоровом организме, кроме мышечной деятельности, является сниженное  $PO_2$  во вдыхаемом воздухе, актуальным является проведение сравнительного анализа функциональных изменений, характерных для этих двух типов гипоксии.

В связи со сказанным, представилось важным проанализировать

функциональные особенности газотранспортной системы организма у легкоатлетов-средневики в покое на уровне моря и в горах.

**Цель исследования.** Проанализировать условия массопереноса респираторных газов в организме спортсменов в покое на равнине и в горах на разных высотах.

**Задача исследования.** Изучить системные газотранспортные изменения дыхания, кровообращения, крови и ее кислотно-основного состояния в покое у легкоатлетов-средневики при переезде с равнины в горные условия.

**Методы и организация исследования. Объекты.** В исследовании принимали участие 18 спортсменов – легкоатлетов (возраст 18-23 года, КМС и МС), специализирующихся в беге на средние дистанции.

**Вмешательство.** Спортсмены тренировались и обследовались: на уровне моря (г. Киев) и в горах на базе Эльбрусской медико-биологической станции Международного центра астрономических и медико-экологических исследований НАН Украины (Приэльбрусье, высота 2100 м н.у.м.) на 2-й день после переезда в горы, затем на 3-й день пребывания в горах – на высоте 3500 н.у.м. (ст. «Мир», пассивный подъем канатной дорогой).

**Обследование и измерения.** Соблюдалась следующая схема обследования: после 20 мин. отдыха в положении лежа определяли концентрацию  $O_2$  и  $CO_2$  в выдыхаемом и альвеолярном воздухе с помощью модифицированных газоанализаторов ММГ-7 и ГУМ-2, легочную вентиляцию – с помощью волюметра 45084 (Германия), минутный объем крови (МОК) – методом возвратного дыхания  $CO_2$  [3]. Газообмен (потребление  $O_2$  и выделение  $CO_2$ ) рассчитывали с приведением полученных значений к стандартным условиям (STPD), легочную ( $V_E$ ) и альвеолярную вентиляцию ( $V_A$ ) – к условиям тела (BTPS). Рассчитывали каскады кислородных режимов организма (КРО), а также такие показатели, как вентиляционный эквивалент (VE), характеризующий значение легочной вентиляции соответственно одному литру потребленного  $O_2$ , и аналогично этому – гемодинамический эквивалент [7].

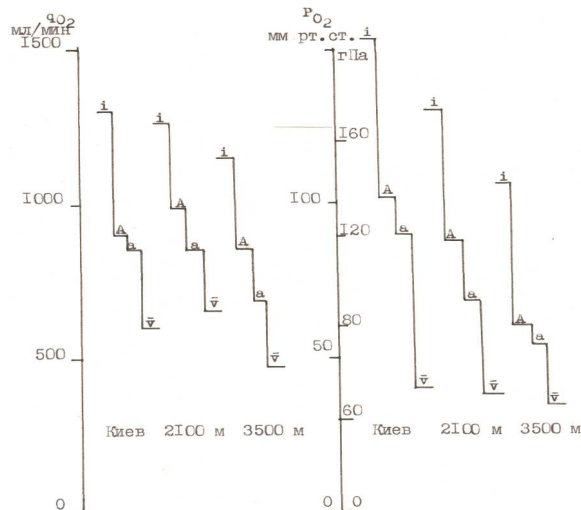
По аналогии с КРО, осуществляли анализ режимов  $CO_2$  [5]. Напряжение  $O_2$  и  $CO_2$ , pH крови определяли микрометодом «Аструпа» на аппарате «Корнинг» (Англия), кислотно-основное состояние крови (КОС) рассчитывали с использованием номограммы Siggaard-Andersen [8]. Для установления  $PCO_2$  в смешанной венозной крови применяли метод возвратного дыхания [3], при этом содержание  $CO_2$  рассчитывали по диаграмме  $O_2$ - $CO_2$  Ранна и Фенна [8].

**Анализ данных.** Статистическую обработку результатов проводили с использованием пакета математических программ Statistica 6.0.

**Результаты исследования.** На уровне моря у спортсменов не было выявлено каких-либо отклонений от должных значений в показателях дыхания, гемодинамики, дыхательной функции крови, ее КОС. Уже на высоте 2100 м н.у.м. КРО у них заметно изменились: в результате увеличения  $V_E$  скорость поступления  $O_2$  в легкие оказалась практически такой же, что и на равнине (рис. 1.).

Но, так как возросла  $V_A$ , увеличилось и ее отношение к  $V_E$ , а с этими скорость поступления  $O_2$  в альвеолы. Благодаря даже небольшому увеличению МОК, достоверно большей стала скорость транспорта  $O_2$  артериальной и смешанной венозной кровью.

Функционирование системы внешнего дыхания и кровообращения уже на этой высоте было менее экономичным, чем на равнине – повысились вентиляционный (ВЭ) и гемодинамический (ГЭ) эквиваленты, КРО стали более напряженными:  $PO_2$  в альвеолах снизилось до  $85,2 \pm 2$  мм рт.ст., в артериальной крови – до  $60 \pm 1,6$  мм. рт.ст.



**Рисунок 1. Каскады скорости продвижения  $O_2$  в организме на разных этапах его пути в организме и соответствующие значения  $PO_2$  на уровне моря и на разных высотах в горах**

На высоте 3500 м, несмотря на достоверное увеличение  $V_E$  и отношения  $V_A/V_E$  (табл. 1), скорость поступления  $O_2$  в легкие не только не возросла, но даже несколько снизилась. Уменьшилась и скорость поступления  $O_2$  в альвеолы ( $p > 0,05$ ). То есть, увеличение  $V_E$  и  $V_A$  не могло компенсировать снижение  $PO_2$  во вдыхаемом воздухе.

Таблица 1

**Характеристика внешнего дыхания в покое**

Показатели	Высота над уровнем моря		
	Уровень моря	2100 м н.у.м.	3500 м н.у.м.
$V_E$ , л/мин	$7,273 \pm 0,5$	$9,539 \pm 0,7$	$10,292 \pm 0,56$
$V_A$ , л/мин	$5,828 \pm 0,4$	$7,644 \pm 0,66$	$8,147 \pm 0,63$
Частота дыханий в мин	$14,0 \pm 0,87$	$17,0 \pm 0,68$	$18,0 \pm 0,68$
Дыхательный объем, мл	$542 \pm 54$	$572 \pm 57$	$599 \pm 55$
Потребление $O_2$ , мл/мин · кг	$4,1 \pm 0,39$	$4,0 \pm 0,29$	$3,9 \pm 0,28$

МОК на высоте 3500 м изменился мало (табл. 2), однако, его поддержание осуществлялось достоверно большей частотой сердечных сокращений (ЧСС) на фоне сниженного ударного объема (УО).

Таблица 2

**Характеристика гемодинамики в покое у спортсменов**

Показатели	Высота над уровнем моря		
	Уровень моря	2100 м н.у.м.	3500 м н.у.м.
МОК, л/мин	$4,95 \pm 0,38$	$5,0 \pm 0,26$	$4,72 \pm 0,27$
УО, мл	$90,9 \pm 4,1$	$99,7 \pm 5,4$	$82,4 \pm 3,66$
ЧСС, уд/мин	$52 \pm 2,4$	$52 \pm 1,8$	$58 \pm 2,8$

На такой высоте на фоне достаточно высокого уровня насыщения артериальной крови  $O_2$ , более низким оказалось его содержание (табл. 3), заметно (на 26 %) уменьшилась скорость транспорта  $O_2$  артериальной кровью, снизилось  $PO_2$  в артериальной ( $52 \pm 1,2$  мм рт.ст.,  $p < 0,05$ ) и смешанной венозной ( $27 \pm 1,4$  мм рт.ст.,  $p < 0,05$ ) крови.

На фоне незначительного повышения эффективности КРО (отношения между

поступлением O<sub>2</sub> в легкие, альвеолы, транспорта артериальной, смешанной венозной кровью и его потреблением – снизились), экономичность дыхания и кровообращения, в отношении снабжения организма O<sub>2</sub>, ухудшилась. ВЭ увеличился еще больше, чем на высоте 2100 м н.у.м., и уже был равен 37,5±1,4, O<sub>2</sub>-эффект дыхательного цикла снизился до 12,4 мл (т.е. стал меньшим, чем на равнине, на 7,7 мл и чем на высоте 2100 м – на 3,2 мл). Наблюдалось снижение кислородного пульса, гемодинамического эквивалента, что наряду с повышением коэффициента утилизации O<sub>2</sub> из крови, свидетельствовало о напряжении адаптационных механизмов.

*Таблица 3*

**Характеристика дыхательной функции крови в покое у спортсменов**

Показатели	Высота над уровнем моря		
	Уровень моря	2100 м н.у.м.	3500 м н.у.м.
Концентрация Нв, г/л	14,56 ± 0,51	14,6 ± 0,48	14,8 ± 0,61
Насыщение артериальной крови O <sub>2</sub> , %	95,9 ± 0,26	86,7 ± 1,6	79,3 ± 0,9
Содержание O <sub>2</sub> в артериальной крови, об. %	19,0 ± 0,56	17,3 ± 0,44	14,7 ± 0,71
Артерио-венозное различие по O <sub>2</sub> , об. %	5,45 ± 0,28	5,47 ± 0,48	5,3 ± 0,39

На высоте 3500 м н.у.м. уже четко проявились нарушения КОС крови: достоверно снизилось рН (7,41±0,03 – Киев и 7,343±0,02 – горы), образовался дефицит буферных оснований (до -10,8±0,4 мэкв/л), достоверно уменьшилось количество стандартных бикарбонатов. Все это сопровождалось артериальной гипокапнией: PCO<sub>2</sub> упало до 23,5±0,9 мм рт.ст.).

Соответственно, изменился весь каскад PCO<sub>2</sub>: в венозной крови оно несколько увеличилось, в артериальной крови, в альвеолярном и выдыхаемом воздухе – оказалось ниже, чем на равнине, каскад скорости перемещения CO<sub>2</sub> при этом стал более сжатым, объем выведения этого газа возрос.

Представленные характеристики особенностей газотранспортных функций организма легкоатлетов свидетельствуют о том, что на высоте 3500 м н.у.м. снижение PO<sub>2</sub> во вдыхаемом воздухе, а следовательно и в артериальной крови, недостаточно восполняется деятельностью компенсаторных механизмов, в результате чего скорость доставки кислорода уменьшается до таких значений, при которых ограничивается потребление кислорода и развивается тканевая гипоксия.

**Выводы.** У легкоатлетов-средневикиков при переезде с равнины в горы, несмотря на сформированные механизмы адаптации к гипоксии нагрузки, на высоте 2100 м н.у.м., а тем более – 3500 м н.у.м., условия для перемещения респираторных газов в организме становятся более напряженными, усложняются условия для утилизации O<sub>2</sub> тканями, развиваются артериальная гипокапния и метаболический ацидоз.

**Перспективы дальнейших исследований.** Последующее сообщение будет посвящено анализу условий массопереноса респираторных газов в организме спортсменов при работе разной мощности на разных высотах в горах (т.е. при сочетании двух типов гипоксии: гипоксической и гипоксии нагрузки).

**Конфликт интересов.** У авторов нет конфликтов интересов.

**Литература**

1. Зюзьков Г. Н., Дыгай А. М., Гольдберг Е. Д. Гуморальные механизмы регуляции эритропоза при гипоксии. Бюл. экспер. биол. и медицины. 2005. Т. 139. №2. С. 133–137.
2. Piyin V. N., Filippov M. M., Pastukhova V. A., Sosnovskiy V. V. Training of the athletes with use of hypoxic conditions. Вісник Черкаського університету. 2017. №2. 2017. Р. 11-26.
3. Карпман В. Л. Определение минутного объема кровотока у спортсменов

методом возвратного дыхания CO<sub>2</sub>. Теория и практика физической культуры. 1974. №6. С. 69–71.

4. Колчинская А. З., Дударев В. П., Филиппов М. М. и др. Вторичная тканевая гипоксия. Киев: Науковадумка, 1983. 256 с.

5. Филиппов М. М. Условия образования и переноса углекислого газа в процессе мышечной деятельности. Журн.: Наука в олимпийском спорте. 1994. №1. С. 73–78.

6. Филиппов М. М., Балыкин М. В., Ильин В. Н., Портниченко В. И., Евтушенко А. Л. Сравнительная характеристика гипоксии, развивающейся при мышечной деятельности, и гипоксической гипоксии в горах. Ульяновский медико-биологический журнал. 2014. №4. С.86-96.

7. Филиппов М. М., Давиденко Д. Н. Физиологические механизмы развития и компенсации гипоксии в процессе адаптации к мышечной деятельности. СПб.-Киев (Россия–Украина): БПА, 2010. 260 с.

8. Siggaard-Andersen A. The acid-base studies of the blood. Copenhagen: Munkegaard, 1974. 242 p.