

### ИНДИВИДУАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ АДАПТАЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА КАК РЕАКЦИЯ НА ГИПОКСИЧЕСКУЮ ГИПОКСИЮ

В. Н. Голубев<sup>1</sup>, Ю. Н. Королев<sup>1</sup>, Е. В. Белокопытова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» МО РФ, г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> ФГКВОУ ВО «Военный институт физической культуры» Министерства обороны РФ, г. Санкт-Петербург, Россия

### INDIVIDUAL STRATEGY FOR ADAPTING A HUMAN RESPIRATORY SYSTEM AS A RESPONSE TO HYPOXIC HYPOXIA

V. N. Golubev<sup>1</sup>, Yu. N. Korolev<sup>1</sup>, E. V. Belokopytova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> S. M. Kirov Military Medical Academy, of the Russian Defense Ministry, Saint Petersburg, Russia

<sup>2</sup> Military Institute of Physical Training, Saint Petersburg, Russia

#### Резюме

**Цель:** исследовать изменения функции дыхательной системы в условиях гипоксической гипоксии в покое и при физической нагрузке.

**Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 41 курсант военного вуза мужского пола в возрасте от 18 до 21 года. Гипоксическая нормобарическая гипоксия вызывалась дыханием гипоксической газовой смесью с 10% содержанием кислорода. Синхронно регистрировали: минутный объем дыхания и частоту дыхания, насыщение гемоглобина крови кислородом методом пульсоксиметрии, электрокардиограмму.

**Результаты.** Концентрация оксигемоглобина в крови, оттекающей от легких, у разных испытуемых различна, что свидетельствует об индивидуальной стратегии адаптации к гипоксии при примерно равных условиях газообмена в легких.

**Заключение.** Полученные данные позволили выделить две группы людей по изменению насыщения гемоглобина крови кислородом в ответ на гипоксию: «устойчивых» и «неустойчивых». Физическая работоспособность по результатам различных тестов также различалась: в 1-й группе «устойчивых» выявилась более эффективная мобилизация функциональных резервов, благодаря чему суммарная величина выполнения велоэргометрической нагрузки у них была достоверно больше, чем у всей выборки в целом и во 2-й группе «неустойчивых» (3 табл., библи.: 13 ист.).

**Ключевые слова:** адаптационные возможности организма, военнослужащие, гипоксическая гипоксия, дыхательная система, курсанты, физическая нагрузка.

Статья поступила в редакцию 23.09.2019 г.

#### Summary

**Objective:** to study changes in the function of the respiratory system under conditions of hypoxic hypoxia at rest and during physical exertion.

**Materials and methods.** The study involved 41 cadets of a military university of males aged 18 to 21 years. Hypoxic normobaric hypoxia was caused by respiration of a hypoxic gas mixture with 10% oxygen content. Synchronously recorded: minute volume of respiration and respiratory rate, saturation of hemoglobin of blood with oxygen by pulse oximetry, electrocardiogram.

**Results.** The concentration of oxyhemoglobin in the blood flowing from the lungs is different in different subjects, which indicates an individual adaptation strategy to hypoxia under approximately equal conditions of gas exchange in the lungs.

**Conclusion.** The data obtained allowed us to distinguish two groups of people by changing the saturation of hemoglobin of blood with oxygen in response to hypoxia: “stable” and “unstable”. According to the results of various tests, physical performance also varied: in the 1st group of “stable”, more effective mobilization of functional reserves was revealed, due to which the total value of performing bicycle ergometric load was significantly greater than that of the whole sample as a whole and in the 2nd group “unstable” (3 tables, bibliography: 13 refs).

**Key words:** body adaptive capabilities, cadets, hypoxic hypoxia, military personnel, physical activity, respiratory system.

Article received 23.09.2019.

#### ВВЕДЕНИЕ

Гипоксия — жизненно важный фактор, резко лимитирующий работоспособность человека [1–6]. Наиболее ранние и эффективные механизмы аварийной компенсации гипоксического состояния реализуются посредством гипервентиляции и

возрастанием минутного объема дыхания [7–13]. В связи с этим, исследование изменения функции дыхательной системы в условиях гипоксической гипоксии в покое и при физической нагрузке представляется весьма перспективным для изучения адаптационных возможностей организма человека.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие 41 здоровый курсант военного вуза мужского пола в возрасте от 18 до 21 года. Гипоксическая нормобарическая гипоксия вызывалась дыханием гипоксической газовой смесью с 10% содержанием кислорода. Протокол исследования включал в себя: 1) исходное состояние (при нормальном атмосферном давлении и комнатной температуре) — дыхание атмосферным воздухом в течение 2 мин; 2) гипоксическую нагрузку — дыхание через маску газовой смесью в течение 15 мин; 3) восстановление после гипоксической нагрузки — дыхание атмосферным воздухом в течение 3 мин. Синхронно регистрировали: минутный объем дыхания (МОД), частоту дыхания (ЧД), насыщение гемоглобина крови кислородом ( $SpO_2$ ) методом пульсоксиметрии на пульсоксиметре ЭЛОКС-01СЗМ, электрокардиограмму.

По оксигемограмме были рассчитаны показатели:

1)  $SpO_2H$  — величина снижения (%) уровня насыщения крови кислородом на 5-й, 10-й и 15-й мин экспозиции по отношению к исходному уровню (99%);

2)  $SpO_2S$  — площадь снижения ( $cm^2$ ) насыщения крови кислородом за 5, 10 и 15 мин экспозиции газовой смесью соответственно;

3)  $SpO_2$  — площадь восстановления: площадь снижения величины насыщения крови кислородом в восстановительном периоде после экспозиции газовой смесью.

При выполнении велоэргометрической нагрузки ступенчато возрастающей мощности, теста  $PWC_{\Sigma 170}$ , а также теста максимальной анаэробной мощности (МAM), оценивалась физическая работоспособность.

Мощность каждой ступени велоэргометрической нагрузки рассчитывалась, исходя из величин 1 Вт; 1,5 Вт; 2 Вт и 2,5 Вт на 1 кг массы тела. Работа при нагрузке каждой мощности выполнялась в течение 5 мин при частоте вращения педалей 60 об/мин. Между нагрузками 1-й, 2-й и 3-й мощности испытуемому предлагался отдых в течение 1 мин. Нагрузка 4-й мощности и далее выполнялась без отдыха до отказа. Суммарная величина нагрузки ( $\Sigma A$ ) рассчитывалась путем сложения всех величин выполненной работы до отказа.

Были определены коэффициенты парных корреляций этих функций с показателями:

$\Sigma A$  — суммарной величины выполненной велоэргометрической нагрузки, ступенчато возрастающей мощности до отказа;

МAM — максимальной анаэробной мощностью;

$PWC_{170}$ -аэробной производительностью организма;

$SpO_2S$  за 15 мин — суммарным значением снижения степени кислородного насыщения гемоглобина за 15 мин экспозиции в период гипоксической пробы.

Были изучены следующие показатели:

МОД (max) (в/э) — максимальное значение легочной вентиляции при велоэргометрической нагрузке возрастающей мощности;

МОД (в/э) — суммарная величина легочной вентиляции при выполнении велоэргометрической нагрузки за исключением легочной вентиляции покоя (т. н. рабочая прибавка); МОД ( $\times 1$ ) (в/э), МОД ( $\times 4$ ) (в/э) — средние величины легочной вентиляции в минуту при велоэргометрических нагрузках 1-й, 2-й, 3-й и 4-й ступенях мощности;

ЧД (max) (в/э) — максимальное значение частоты дыхания при велоэргометрической нагрузке возрастающей мощности;

ЧД ( $\Sigma_{\text{раб}} - \Sigma_{\text{пок}}$ ) (в/э) — суммарная величина частоты дыхания при выполнении велоэргометрической нагрузки за исключением частоты дыхания покоя (т. н. рабочая прибавка);

ЧД ( $\times 1$ ) (в/э), ЧД ( $\times 4$ ) (в/э) — средние величины частоты дыхания в минуту при велоэргометрических нагрузках 1-й, 2-й, 3-й и 4-й ступенях мощности; по той же схеме проведены исследования ДО (дыхательного объема).

Обработка данных велась с помощью программы Origin Pro 7,5 (Origin Lab Corporation). Данные представлены в виде среднего арифметического со стандартной ошибкой средней ( $\bar{x} \pm m$ ). Достоверными считались отличия при  $p < 0,05$ . Коэффициенты парных корреляций рассчитывались по методике Спирмена.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

Показателем, отражающим дефицит кислорода в организме, является концентрация оксигемоглобина  $SpO_2$  (%) [7, 8]. У всей группы испытуемых через 5 мин дыхания гипоксической смесью кислородное насыщение гемоглобина снижалось в среднем до 90%, а к концу экспозиции — до 85%. Достоверные отличия от исходного состояния наблюдались уже через 3 мин ( $p < 0,05$ ) дыхания газовой смесью. В восстановительном периоде после 3 мин дыхания атмосферным воздухом уровень  $SpO_2$  значимо не отличался от исходного. При общей тенденции динамики сатурации были отмечены индивидуальные различия реакции: у некоторых лиц через 3 мин гипоксической нагрузки  $SpO_2$  снижался до 92% и в дальнейшем колебался от 90

до 95%, не снижаясь до конца экспозиции (группа устойчивых). У других испытуемых уровень сатурации крови равномерно снижался в течение всего периода гипоксической пробы и в конце нагрузки составил 78% (группа неустойчивых). В обеих группах наблюдалось полное восстановление исходного  $SpO_2$  в течение 3 мин после окончания нагрузки.

Установлены различия между подгруппами «устойчивых» и «неустойчивых» по коэффициенту парных корреляций (КПК). Между МОД и  $\Sigma A$ , между МОД и MAM в подгруппе «устойчивых» (-0,46), (-0,55). Таким образом определяются значимо выраженные различия в насыщении крови кислородом в подгруппах «устойчивых» и «неустойчивых».

Наибольшие изменения МОД (в исходном состоянии) происходило к концу первой минуты дыхания гипоксической смесью, при этом МОД увеличивался в среднем на 58% ( $p < 0,05$ ). В дальнейшем МОД изменялся незначительно, а к концу нагрузки еще более возрастал в сравнении с исходным состоянием ( $p < 0,05$ ). Восстановление МОД наступало в течение 2–3 мин дыхания атмосферным воздухом после гипоксической нагрузки. Было показано, что при физических нагрузках в зависимости от устойчивости к гипоксии, МОД дифференцированно изменяется, хотя и мало связан с характеристикой и видом нагрузки, что свидетельствует о неспецифической реакции дыхательной системы на гипоксию

при любом изменении кислородного преферендума (табл. 1).

Средние значения ЧД при гипоксической нагрузке незначительно изменялись и находились в пределах 11–13 дыхательных циклов в 1 мин. При велоэргометрической нагрузке (табл. 2) в условиях гипоксии не было выявлено значимых различий ЧД между группами «устойчивых» и «неустойчивых» к гипоксии.

Значимые корреляции ДО и MAM, ДО и  $PWC_{170}$  свидетельствуют о том, что увеличение МОД при гипоксии может быть обусловлено преимущественно увеличением ДО (табл. 3). Увеличение МОД является одной из первых реакций организма, направленных на поддержание гомеостаза при недостатке кислорода во вдыхаемом воздухе, и это увеличение обеспечивается возрастанием ДО [8, 9].

Индивидуальные различия в реакциях дыхательной системы на гипоксию были весьма существенными. Выделено несколько типов таких реакций. У одной наблюдалось уменьшение ЧД и МОД, и эти изменения сохранялись до конца нагрузки. У испытуемых другой группы наблюдались противоположные изменения: увеличение ЧД и МОД. У нескольких испытуемых отмечено снижение ЧД за счет увеличения МОД. Вероятно, различное насыщение крови кислородом, выявленное при определении  $SpO_2$ , оказывает разное влияние на

Таблица 1

**Динамика минутного объема дыхания при велоэргометрических нагрузках в условиях гипоксической пробы**

Испытуемые	Показатель	МОД (max) (в/э)	МОД (x1) (в/э)	МОД (x2) (в/э)	МОД (x3) (в/э)	МОД (x4) (в/э)
Все	x ± m	53,85 ± 1,68	20,71 ± 0,90	30,87 ± 0,96	38,37 ± 1,23	46,2 ± 1,39
Подгруппа устойчивых		55,8 ± 2,86	20,92 ± 1,87	34,38 ± 2,13	40,52 ± 2,11	48,72 ± 2,31
Подгруппа неустойчивых		52,65 ± 2,47	20,7 ± 1,08	29,9 ± 1,19	37,77 ± 1,71	45,14 ± 2,14
Коэффициенты парных корреляций						
Все	$\Sigma A$	0,11	-0,19	0,09	-0,11	0,05
	MAM	-0,06	-0,13	0,05	0,08	-0,09
	$PWC_{170}$	-0,14	-0,28	-0,13	-0,08	-0,18
	$SpO_2, S15$	-0,13	-0,08	-0,23	-0,13	-0,22
Подгруппа устойчивых	$\Sigma A$	-0,35	-0,46	-0,11	-0,3	-0,31
	MAM	-0,12	-0,46	0,07	0,08	-0,24
	$PWC_{170}$	-0,59	-0,32	0,16	0,35	-0,55
	$SpO_2, S15$	0,26	-0,32	0,15	0,24	0,04
Подгруппа неустойчивых	$\Sigma A$	0,15	-0,09	0,18	0,02	0,12
	MAM	-0,05	-0,01	0,07	0,08	-0,06
	$PWC_{170}$	-0,03	-0,42	-0,19	-0,17	-0,09
	$SpO_2, S15$	-0,14	-0,08	-0,13	-0,09	-0,22

возбудимость дыхательного центра. Возможно, гипоксия вызывала снижение возбудимости, что проявилось в уменьшении значений обоих регистрируемых показателей, при стабильности показателя ДО (дыхательного объема). В другом случае возбудимость дыхательного центра повышалась, на что указывает увеличение МОД, однако разны-

ми стратегиями — за счет увеличения ЧД или дыхательного объема.

Аэробная производительность, которая оценивалась по тесту PWC<sub>170'</sub> свидетельствует о том, что средние значения для всей группы составляли 829,9 ± 26,0 кгм, колебались в диапазоне от 531 до 1365 кгм, имели большую величину дисперсии —

Таблица 2

Динамика частоты дыхания при велоэргометрических нагрузках в условиях гипоксической пробы

Испытуемые	Показатель	ЧД (max) (в/э)	ЧД (x1) (в/э)	ЧД (x2) (в/э)	ЧД (x3) (в/э)	ЧД (x4) (в/э)
Все	x ± m	39,68 ± 1,40	20,03 ± 0,82	24,34 ± 0,96	29,7 ± 1,13	34,75 ± 1,26
Подгруппа устойчивых		40 ± 2,97	20,94 ± 1,50	23,74 ± 1,85	28,38 ± 2,19	34,47 ± 2,68
Подгруппа неустойчивых		39,87 ± 2,05	19,45 ± 1,04	24,31 ± 1,32	30,29 ± 1,64	34,63 ± 1,79
Коэффициенты парных корреляций						
Все	ΣА	0,04	-0,14	-0,18	-0,2	-0,06
	MAM	-0,07	-0,09	0,04	-0,04	-0,03
	PWC <sub>170</sub>	-0,12	-0,24	-0,24	-0,18	-0,23
	SP0 <sub>2</sub> S15	0	-0,19	-0,07	0,04	-0,02
Подгруппа устойчивых	ΣА	0,13	-0,18	0,02	0,02	-0,03
	MAM	0,01	-0,44	0,05	-0,01	0,04
	PWC <sub>170</sub>	-0,42	-0,21	-0,1	-0,36	-0,47
	SP0 <sub>2</sub> S15	-0,12	-0,49	-0,05	-0,18	0,03
Подгруппа неустойчивых	ΣА	-0,03	-0,2	-0,21	-0,2	-0,11
	MAM	-0,07	0,09	0,06	-0,01	-0,03
	PWC <sub>170</sub>	-0,05	-0,3	-0,33	-0,17	-0,19
	SP0 <sub>2</sub> S15	0,01	-0,08	-0,18	-0,05	-0,05

Таблица 3

Динамика величины дыхательного объема при велоэргометрических нагрузках в условиях гипоксической пробы

Испытуемые	Показатель	ДО (x1) (в/э)	ДО (x2) (в/э)	ДО (x3) (в/э)	ДО (x4) (в/э)
Все	x ± m	1091,9 ± 58,93	1316,2 ± 57,63	1347,66 ± 57,49	1347,98 ± 51,74
Подгруппа устойчивых		1071,1 ± 135,21	1521,4 ± 150,80	1497,7 ± 150,77	1334,38 ± 126,94
Подгруппа неустойчивых		1120,74 ± 81,27	1289,1 ± 71,23	1309,35 ± 73,18	1357,22 ± 70,69
Коэффициенты парных корреляций					
Все	ΣА	0,01	0,3	0,16	0,1
	MAM	0,01	0,04	0,17	-0,15
	PWC <sub>170</sub>	-0,05	0,15	0,16	0,1
	SP0 <sub>2</sub> S15	-	-0,06	-0,09	-0,06
Подгруппа устойчивых	ΣА	-	0,04	-0,05	-0,27
	MAM	0,02	0,08	0,18	-0,6
	PWC <sub>170</sub>	-0,02	0,24	0,52	0,03
	SP0 <sub>2</sub> S15	0,23	0,25	0,47	0
Подгруппа неустойчивых	ΣА	0,13	0,41	0,29	0,32
	MAM	-0,07	0,02	0,11	0,06
	PWC <sub>170</sub>	-0,11	0,23	0,08	0,12
	SP0 <sub>2</sub> S15	0,01	0,1	-0,03	-0,22

166,9. В подгруппах «устойчивых» и «неустойчивых» эти значения составляли  $774,9 \pm 43$  и  $858 \pm 40$  кГм соответственно.

Средние значения МАМ для всей выборки составляли  $93,5 \pm 2,9$  кГм с диапазоном от 54,0 до 137,0 кГм, при дисперсии в 18,6 кГм. Различия между подгруппами «устойчивых» и «неустойчивых» не были выявлены, средние значения составляли  $93,6 \pm 7,9$  кГм и  $92,7 \pm 3,6$  кГм соответственно.

При рассмотрении  $\Sigma A$  средние значения всей группы составляли  $2236,4 \pm 54,7$  Вт, что соответствовало удовлетворительной оценке этого показателя для здоровых молодых мужчин. Анализ значения этого показателя по подгруппам ( $3247,3 \pm 7,2$  Вт для «устойчивых» и  $2226,9 \pm 80,1$  Вт для «неустойчивых»), выявил заметную тенденцию к различиям между подгруппами по показателям работоспособности. Коэффициенты парных корреляций между показателем работоспособности  $\Sigma A$  и другими ее показателями не достигают значимых величин при сравнении их внутри всей группы. Выявлена лишь средняя связь между  $\Sigma A$  и  $PWC_{170}$  в подгруппах «устойчивых» и «неустойчивых» на уровне коэффициентов 0,47 и 0,56 соответственно. Самая значимая положительная корреляционная связь (0,72) отмечена в группе «устойчивых» между  $SpO_2S$  за 15 мин и МАМ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено что, практически с первой минуты дыхания гипоксической газовой смесью с 10% со-

держанием кислорода у испытуемых возникают изменения в легочной вентиляции. При этом МОД возрастает главным образом за счет глубины дыхания. Однако, концентрация оксигемоглобина в крови, оттекающей от легких, у разных испытуемых различна, что свидетельствует об индивидуальной стратегии адаптации к гипоксии при примерно равных условиях газообмена в легких. Последнее подтверждается быстрым восстановлением легочной вентиляции уже на третьей минуте дыхания нормальной воздушной смесью. Полученные данные позволили выделить две основные группы людей по количеству  $SpO_2$ : группу «устойчивых» и группу «неустойчивых». Причинами таких различий в образовании оксигемоглобина могут быть как различные условия диффузии газа из альвеол в кровь, так и особенности кислородосвязывающих свойств крови, что требует дополнительных исследований.

Изменения физической работоспособности, оцененные по различным тестам, показали, что в группе «устойчивых» выявлены тенденции к лучшей реализации функциональных резервов, благодаря чему суммарная величина выполнения велоэргометрической нагрузки у них достоверно больше, чем у всей группы испытуемых и группы «неустойчивых». Наличие положительной корреляционной связи (0,72) в группе «устойчивых» между  $SpO_2S$  за 15 мин и МАМ предполагает возможность существования механизмов обеспечения адаптации к гипоксии данного уровня и в других физиологических системах, таких как кровообращение и энергетический обмен у людей, специально не тренированных к недостатку кислорода.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Agadzhanian N. A., Elfimov A. I. Body functions in conditions of hypoxia and hypercapnia. Moscow: Meditsina Publisher; 1986: 270. Russian (Агаджанян Н. А., Елфимов А. И. Функции организма в условиях гипоксии и гиперкапнии. М.: Медицина; 1986: 270).
2. Berezovskiy V. A., Boyko K. A., Klimenko S. S. Hypoxia and individual characteristics of reactivity. Kiev: Naukova dumka Publisher; 1978: 216. Russian (Березовский В. А., Бойко К. А., Клименко С. С. Гипоксия и индивидуальные особенности реактивности. Киев: Наукова думка; 1978: 216).
3. Burykh E. A., Soroko S. K., Bekshaev S. S., Sergeeva E. G. Complex multiparametric study of systemic reactions of the human body under dosed hypoxic effects. Human physiology. 2005; 31 (5): 88–109. Russian (Бурых Э. А., Сороко С. К., Бекшаев С. С., Сергеева Е. Г. Комплексное многопараметрическое исследование системных реакций организма человека при дозированном гипоксическом воздействии. Физиология человека. 2005; 31 (5): 88–109).
4. Kolchinskaya A. Z. Hypoxic hypoxia, exercise hypoxia: damaging and constructive effects. Hypoxia Med. J. 1993; 1: 8–13. Russian (Колчинская А. З. Гипоксическая гипоксия, гипоксия нагрузки: повреждающий и конструктивный эффекты. Hypoxia Med. J. 1993; 1: 8–13).
5. Kolchinskaya A. Z. Oxygen, physical condition, performance. Kiev: Naukova dumka Publisher; 1991: 206. Russian (Колчинская А. З. Кислород, физическое состояние, работоспособность. Киев: Наукова думка; 1991: 206).
6. Kolchinskaya A. Z. The respiratory system, the process of mass transfer of oxygen in the body, oxygen regimes of the body. In: Secondary tissue hypoxia. Kiev: Naukova dumka Publisher; 1983: 5–14. Russian (Колчинская А. З. Система дыхания, процесс массопереноса кислорода в организме, кислородные режимы организма. В кн.: Вторичная тканевая гипоксия. Киев: Наукова думка; 1983: 5–14).
7. Korolev Yu. N. On the effect of hypoxia on the respiratory system. In: Baroterapiya v kompleksnom lechenii ranenyykh

- bol'nykh i porazhennykh. Materialy 6-y Vsearmeyskoy nauch-prakt konf.* (Barotherapy in the complex treatment of the wounded and affected. Proceedins of the VI All-Army Scientific and Practical Conf.). Saint Petersburg: VMedA; 2006: 94–5. Russian (*Королев Ю. Н.* О влиянии гипоксии на дыхательную систему. В сб.: Баротерапия в комплексном лечении раненых больных и пораженных. Материалы 6-й Всеармейской науч.-практ. конф. СПб.: ВМедА; 2006: 94–5).
8. *Korolev Yu. N.* On the evaluation of types of adaptive reactions under hypoxic load. In: *Baroterapiya v kompleksnom lechenii ranenykh bol'nykh i porazhennykh. Materialy 6-y Vsearmeyskoy nauch-prakt konf.* (Barotherapy in the complex treatment of the wounded and affected. Proceedins of the VI All-Army Scientific and Practical Conf.). Saint Petersburg: VMedA; Publisher 2006: 95–96. Russian (*Королев Ю. Н.* Об оценке типов адаптивных реакций при гипоксической нагрузке. В сб.: Баротерапия в комплексном лечении раненых больных и пораженных. Материалы 6-й Всеармейской науч.-практ. конф. СПб.: ВМедА; 2006: 95–96).
9. *Mirrahimov M. M.* Treatment of internal diseases by mountain climate. Leningrad: Meditsina Publisher; 1977. 208. Russian (*Миррахимов М. М.* Лечение внутренних болезней горным климатом. Л.: Медицина; 1977. 208).
10. *Nesterov S. V.* Effect of acute experimental hypoxia on cerebral blood flow and autonomic regulation of heart rate in hu-

mans. Ph. D. thesis. Saint Petersburg; 2004. Russian (*Нестеров С. В.* Влияние острой экспериментальной гипоксии на мозговое кровообращение и вегетативную регуляцию сердечного ритма у человека. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб.; 2004).

11. *Ryabov G. A.* Hypoxia of critical States. Moscow: Meditsina Publisher; 1988. 288. Russian (*Рябов Г. А.* Гипоксия критических состояний. М.: Медицина; 1988. 288).
12. *Samoylov V. O., Golubev V. N., Antonenkova E. V., Borisenko N. S.* On the influence of hypoxic training on the parameters of hypoxic stability. In: *Baroterapiya v kompleksnom lechenii ranenykh bol'nykh i porazhennykh. Materialy 7-y Vsearmeyskoy nauch.-prakt. konf.* (Barotherapy in the complex treatment of the wounded and affected. Proceedins of the VII All-Army Scientific and Practical Conf.). Saint Petersburg: VMedA; 2009: 110–1. Russian (*Самойлов В. О., Голубев В. Н., Антоненкова Е. В., Борисенко Н. С.* О влиянии гипоксических тренировок на параметры гипоксической устойчивости. В сб.: Баротерапия в комплексном лечении раненых больных и пораженных. Материалы 7-й Всеармейской науч.-практ. конф. СПб.: ВМедА; 2009: 110–1).
13. *Sherer Zh.* Physiology of work (ergonomics). Moscow: Meditsina Publisher; 1973. 496. Russian (*Шерер Ж.* Физиология труда (эргономия). М.: Медицина; 1973. 496).

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Голубев Виктор Николаевич** — докт. мед. наук, профессор, заведующий кафедрой нормальной физиологии, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» МО РФ, 194044, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6

**Королев Юрий Николаевич** — канд. мед. наук, доцент, кафедра нормальной физиологии, ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» МО РФ, 194044, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6

**Белокопытова Елена Владимировна** — заведующая учебным кабинетом кафедры медико-биологических дисциплин, ФГКВОУ ВО «Военный институт физической культуры» Министерства обороны РФ, 194044, Россия, г. Санкт-Петербург, Большой Сампсониевский проспект, д. 63

#### INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Golubev Victor N.** — M. D., D. Sc. (Medicine), Professor, the Head of the Normal Physiology Department, S. M. Kirov Military Medical Academy of the Russian Defense Ministry, 6, Akademika Lebedeva str., Saint Petersburg, Russia, 194044

**Korolev Yuri N.** — M. D., Ph. D. (Medicine), Associate Professor of the Normal Physiology Department, S. M. Kirov Military Medical Academy of the Russian Defense Ministry, 6, Akademika Lebedeva str., Saint Petersburg, Russia, 194044.

**Belokopytova Elena V.** — the Head of the study room of the Biomedical Disciplines Department, Military Institute of Physical Training, Saint Petersburg, Russia, 63, Bol'shoy Sampson'yevskiy av., Saint Petersburg, Russia, 194044