

УДК 612+612.091

ГЕМОГРАММА И ВЫСОТНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫС В ПЕРИОД РЕАДАПТАЦИИ К НИЗКОГОРЬЮ

А.Г. Зарифьян, Е.М. Бебинов, С.М. Гуди, Р.Р. Айтиалиева

Кыргызско-Российский славянский университет им. Б.Н. Ельцина, г. Бишкек, Кыргызская Республика

Целью настоящего исследования было наблюдение за динамикой элементов эритропоза и уровнями гипоксической устойчивости животных при кратковременной горной адаптации и последующей реадaptации к низкогорью.

Ключевые слова: эритроциты, гемоглобин, ретикулоциты, высокогорье, адаптация, реадaptация, высотная устойчивость, белые крысы.

К настоящему времени в горной физиологии накоплен обширный материал, касающийся механизмов приспособления организма к гипоксии. Основные моменты адаптивных перестроек отражены в работах отечественных и зарубежных авторов [1–6, 10, 11, 14, 15, 17–19].

В последние десятилетия прошлого века было получено много новых данных о зависимости характера адаптивных реакций человека в горах от степени гипоксического воздействия, его длительности, функционального состояния организма, сезонных изменений и других факторов. Было убедительно показано, что при длительной адаптации к высокогорным условиям повышается устойчивость организма к целому комплексу неблагоприятных воздействий окружающей среды, таких как острая гипоксия, высокая температура, ускорение, большие физические нагрузки и т.п.

В свое время Э. Ван-Лир и К. Стикней писали, что акклиматизированные к высоте люди чувствуют себя лучше и работают более эффективно (как умственно, так и физически), чем впервые поднимающиеся в горы [5]. Имеется много материалов, свидетельствующих о том, что акклиматизированные люди и животные более устойчивы к действию острой гипоксии, чем неакклиматизированные. Таким образом, вопросы изучения гипоксической устойчивости животных в процессе высокогорной адаптации достаточ-

но полно разработаны специалистами в области горной физиологии.

С целью углубления понимания механизмов горных перестроек организма не менее важно изучение состояния высотной устойчивости и эритрона в период реадaptации (возвращение в низкогорные условия после пребывания в условиях высокогорья). Исследование физиологических характеристик человека и животных после спуска в условия низкогорья имеет большое научно-теоретическое значение, а также содержит ценные практические возможности для разработки мер коррекции постадаптационных сдвигов. Одним из моментов, заставивших направить внимание авторов настоящего сообщения к теме перестроек в системе эритропоза в реадaptационном периоде, было выявление особенностей изменений красной крови у альпинистов высокой квалификации, тренирующихся в адаптационно-реадaptационном режиме. На спортсменах (членах сборной команды Кыргызской Республики) было проведено поэтапное обследование. На первом этапе исследования изучались показатели красной крови в условиях низкогорья, затем спортсмены прошли через несколько этапов горных тренировок в альплагере «Ала-Арча» (высота 2150 м над уровнем моря). После каждой высокогорной серии тренировок альпинисты возвращались в г. Бишкек и обследовались по стандартной программе. Группа обследованных спортсменов состояла из

9 чел. (мастеров спорта и кандидатов в мастера спорта).

Гематологические исследования проводились в г. Бишкеке (760 м над уровнем моря). Вначале было проведено фоновое обследование спортсменов с регистрацией показателей красной крови (количество эритроцитов, концентрация гемоглобина, количество ретикулоцитов).

Затем под руководством тренера команды спортсмены прошли через этапы вышеупомянутых высокогорных тренировок в альплагере «Ала-Арча». Характерно, что после каждой горной тренировки, затем в течение 20 дней отдыха в низкогорье (г. Бишкек) показатели красной крови не возвращались к исходному уровню. Следует иметь в виду, что система гемопоза альпинистов высокой квалификации в течение их спортивной деятельности подвергалась неоднократно воздействию высокогорной гипоксической среды, чередующемуся с пребыванием в атмосфере низкогорья, что значительно изменило уровень ответной реакции красной крови в низкогорных условиях.

Для того чтобы создать «чистую» модель изучения реадaptационных изменений эритроцитарного звена, была поставлена цель пронаблюдать динамику эритропоза у животных в процессе низкогорной реадaptации.

В работе с животными многие авторы об устойчивости к гипоксии судят по изменениям высотного «потолка», означающего условную высоту барокамерного подъема (км), на которой наступает остановка дыхания. Высотный потолок, используемый в качестве опорного теста в наших экспериментах, расценивается рядом авторов как показатель общей резистентности организма к острой гипоксии [4, 7, 8, 12]. В процессе барокамерного воздействия функции дыхания и кровообращения взаимно обусловлены, и в некоторые моменты приспособление к нарастающей гипоксии происходит с преобладающим усилением кровообращения [13]. Но, по видимому, значения высотного потолка, соответствующие агональной стадии, в большой степени являются выражением срыва в работе дыхательного центра, хотя его функциональное состояние находится в опреде-

ленной зависимости от активности других систем. По мнению М.Я. Маршака, при произвольной задержке дыхания у людей сталкиваются противоположные влияния на дыхательный центр: высшие отделы центральной нервной системы вызывают торможение дыхательного центра, а изменение напряжения O_2 и CO_2 в крови оказывает на него возбуждающее влияние [9].

В настоящей работе при проведении барокамерных экспериментов строго соблюдались скорость подъема – 25 м/с и скорость спуска – 75 м/с. В процессе исследования проводился мониторинг показателей красной крови и высотных потолков в различные сроки низкогорной реадaptации крыс. Работа была проведена на 60 животных (три серии по 20 крыс в каждой). При регистрации показателей гемограммы особое внимание уделялось подсчету элементов красной крови (эритроцитов, гемоглобина, ретикулоцитов). Общее количество лейкоцитов и лейкоформула использовались для контроля за состоянием животных для исключения каких-либо воспалительных процессов, катаральных явлений. Находясь в горах, крысы подвергались влиянию комплекса факторов высокогорья, основным из которых следует считать гипоксическое воздействие. На рис. 1–3 показано, что до выезда на высокогорную базу содержание эритроцитов составляло $(6,90 \pm 0,07) \cdot 10^{12}/л$, ретикулоцитов – $8,50 \pm 0,67 \%$, гемоглобина – $139,80 \pm 0,96$ г/л. К 30-м сут высокогорной адаптации эритроцитов стало $(7,70 \pm 0,07) \cdot 10^{12}/л$, ретикулоцитов – $12,80 \pm 0,67 \%$, гемоглобина – $152,60 \pm 0,96$ г/л. Перемещение животных в прежние, низкогорные (высота 760 м), условия приводило к воздействию более высокого (по сравнению с высокогорьем) парциального давления кислорода (состояние относительной гипероксии), что постепенно уменьшало интенсивность эритропоза (уменьшение количества эритроцитов, концентрации гемоглобина и снижение числа ретикулоцитов). В первые дни возвращения животных в низкогорные условия не наблюдалось достоверных сдвигов содержания гемоглобина ($152,0 \pm 3,9$ г/л), в то же время количество эритроцитов заметно уменьшилось до $(7,40 \pm 0,13) \cdot 10^{12}/л$, содержание ретикуло-

цитов составило $10,7 \pm 1,1$ %, что было меньше по сравнению с данными, полученными на 30-е сут горной адаптации. На 9–13-е сут реадaptации значения показателей красной крови были близки к данным, полученным на

2–3-е сут реадaptации. На 28–30-е сут отмечалось снижение показателей красной крови до уровня предыдущего срока обследования, при этом количество ретикулоцитов продолжало снижаться.

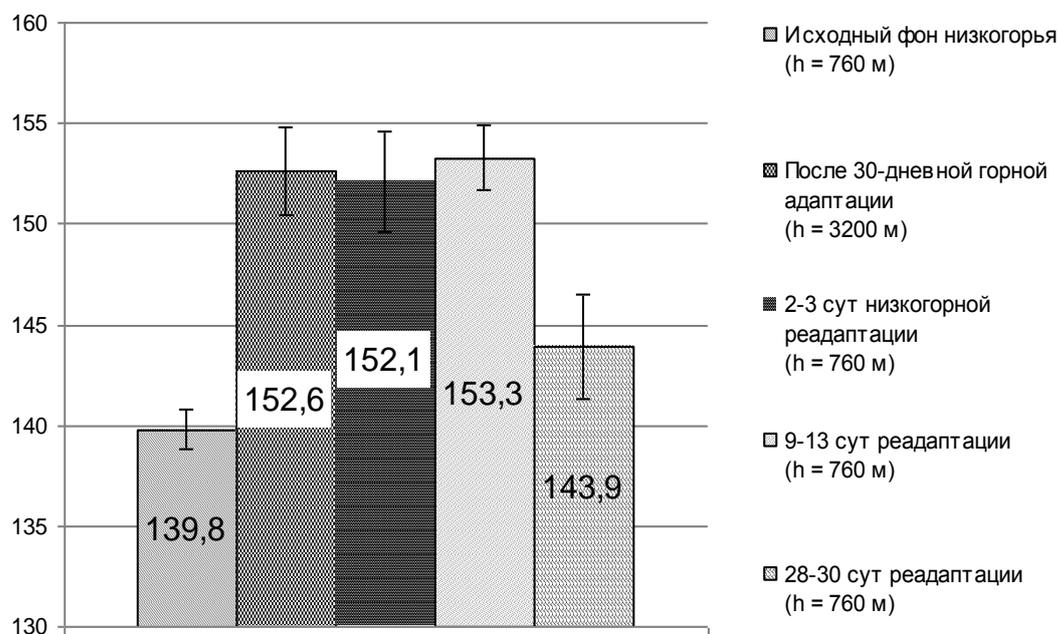


Рис. 1. Содержание гемоглобина в крови белых крыс на протяжении горного адаптационно-реадaptационного периода, г/л

На 2–5-е сут низкогорной реадaptации животные демонстрировали высокую устойчивость к гипоксии (рис. 4). Высотный потолок достигал $14,30 \pm 0,17$ км. На 9–13-е сут не

зафиксировано изменений показателя ($14,20 \pm 0,12$ км). В поздние сроки реадaptации (28–30-е сут) отмечалось его существенное уменьшение – $13,90 \pm 0,15$ км.

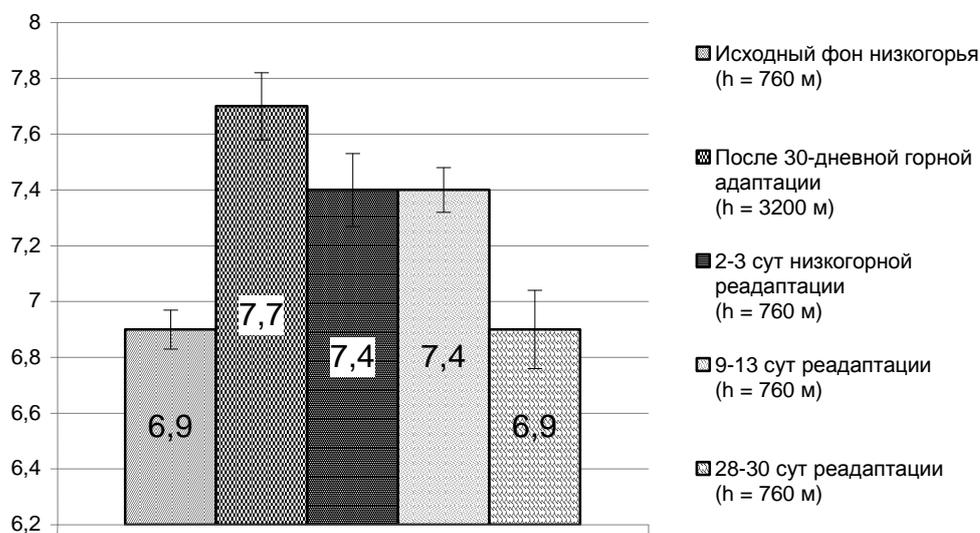


Рис. 2. Содержание эритроцитов в крови белых крыс на протяжении горного адаптационно-реадaptационного периода, $10^{12}/л$

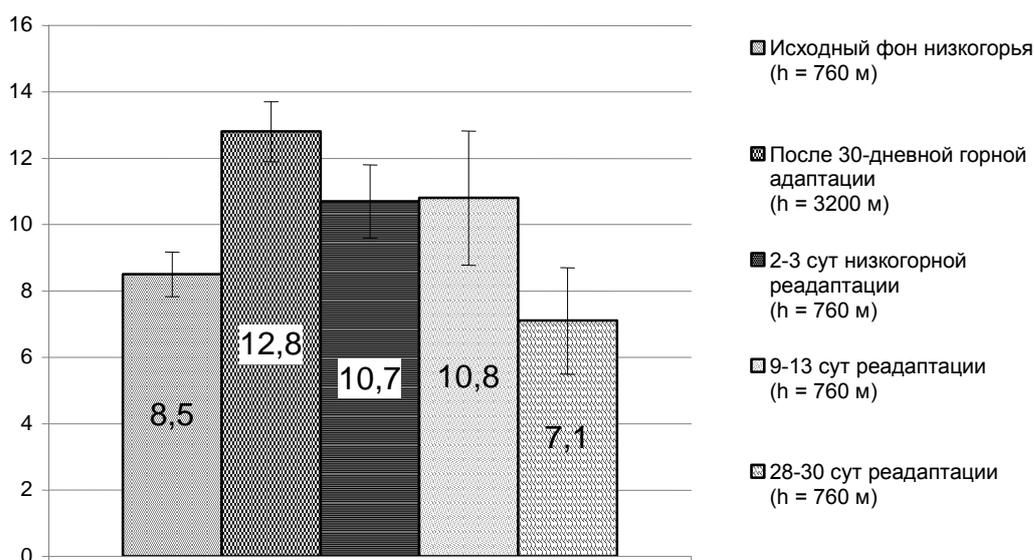


Рис. 3. Содержание ретикулоцитов в крови белых крыс на протяжении горного адаптационно-реадаптационного периода, %

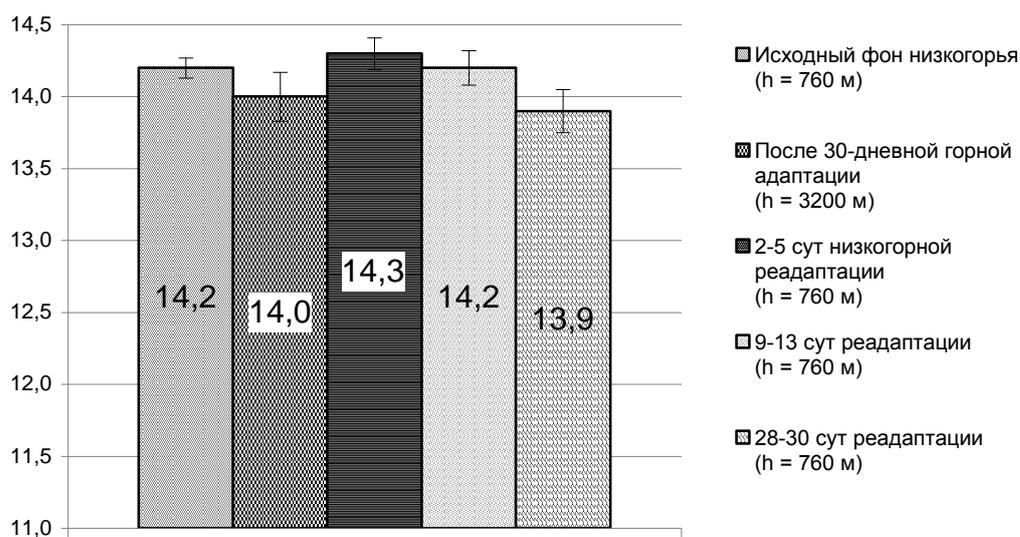


Рис. 4. Динамика показателей высотной устойчивости (высотных потолков) белых крыс на протяжении горного адаптационно-реадаптационного периода, км

Сопоставляя результаты определения гипоксической устойчивости животных и динамики перестроек эритропоэза в адаптационно-реадаптационном периоде, можно определить работу рассматриваемых физиологических механизмов как взаимодействие функциональных систем, направленное на достижение конечного результата – стабилизацию реадaptационных изменений. Снижение значений показателей красной крови и установление их на определенном уровне на-

ступает к концу 4-й нед. реадaptации. Ориентировочно к этому сроку отмечается стабильное снижение высотных потолков. Соотношение рассмотренных показателей отражает адекватность состояния эритрона и устойчивости к гипоксии в процессе высокогорной адаптации и последующей реадaptации к условиям низкогорья. Можно полагать, что функциональное состояние эритропоэза является поддерживающим фактором стабильности работы дыхательного центра.

1. Агаджанян Н. А. Функции организма в условиях гипоксии и гиперкапнии / Н. А. Агаджанян, А. И. Елфимов. – М. : Медицина, 1986. – 270 с.
2. Алиев М. А. Гипертония и горный климат / М. А. Алиев. – Фрунзе : Илим, 1966. – 183 с.
3. Ахмедов К. Ю. Дыхание человека при высокогорной гипоксии / К. Ю. Ахмедов. – Душанбе : Дониш, 1971. – 197 с.
4. Бебинов Е. М. Особенности регуляции внешнего дыхания и устойчивость к гипоксии низкогорных и высокогорных животных, подвергнутых околокаротидной гломэктомии в условиях горного климата : дис. ... канд. мед. наук / Е. М. Бебинов. – М. ; Фрунзе, 1979. – 170 с.
5. Ван Лир, Э. Гипоксия / Э. Ван Лир, К. Стикней. – М. : Медицина, 1967. – 368 с.
6. Данияров С. Б. Высокогорье и вегетативная нервная система / С. Б. Данияров, А. Г. Зарифьян. – Ташкент : Медицина, 1977. – 175 с.
7. Елфимов А. И. Функция внешнего дыхания в измененной газовой среде / А. И. Елфимов. – Л., 1971. – 111 с.
8. Ланский Ю. М. Реакции дыхания и кровообращения у животных на фоне подавления симпатической активности и частичной десимпатизации синокаротидной зоны в условиях высокогорья : дис. ... канд. мед. наук / Ю. М. Ланский. – М. ; Фрунзе, 1987. – 164 с.
9. Маршак М. Я. Регуляция дыхания / М. Я. Маршак // Руководство по физиологии. Физиология дыхания. – Л. : Наука, 1973. – С. 256–286.
10. Медицинские аспекты адаптации человека к горам / М. М. Миррахимов [и др.] ; под ред. А. А. Айдаралиева. – Бишкек : Технология, 2001. – С. 199–320.
11. Проблемы адаптивных изменений в органах и тканях в условиях высокогорья / М. В. Балыкин [и др.] // Высокогорные исследования: изменения и перспективы в XXI веке : междунар. конф. – Бишкек, 1996. – С. 397–398.
12. Сергиенко А. В. Влияние различных скоростей декомпрессии на высотную устойчивость человека и животных : дис. ... канд. мед. наук / А. В. Сергиенко. – М., 1968. – 179 с.
13. Сиротинин Н. Н. Некоторые итоги изучения гипоксии / Н. Н. Сиротин // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. – 1957. – Т. 1, № 5.
14. Слоним А. Д. Адаптация равнинных организмов в горах / А. Д. Слоним // Экологическая физиология животных : руководство по физиологии. – Л. : Наука, 1982. – С. 361–371.
15. Турусбеков Б. Т. Особенности вегетативных функций у жителей горной Киргизии / Б. Т. Турусбеков. – Фрунзе, 1970. – 183 с.
16. Cogo A. Respiratory diseases and High Altitude / A. Cogo, R. Fischer, R. Schoene // High Altitude Medicine and Biology. – 2004. – Vol. 5, № 4. – P. 435–445.
17. Lahiri S. Oxygen Sensing: Responses and Adaptation to Hypoxia / S. Lahiri, G. I. Semenza, N. R. Prabhakar. – New York : Dekker, 2003. – Vol. 175. – 640 p.
18. Lung Function of Han Chinese born and raised near sea level and at high altitude in Western China / C. A. Weitz [et al.] // Am. J. Hum. Biol. – 2002. – Vol. 14, № 4. – P. 494–510.
19. Ward M. P. High altitude Medicine and Physiology / M. P. Ward, J. S. Milledge, J. West // Oxford University Press Inc. – New York, 2000. – P. 434.

HEMOGRAM AND RESISTANCE OF LABORATORY RATS IN THE READAPTATION PERIOD TO A LOWLANDS

A.G. Zaryfian, E.M. Bebinov, S.M. Gudi, R.R. Aitalyeva

KRSU, Byshkek, Kyrgyz Republic

The purpose of this research consisted in investigating dynamics of elements erythropoiesis and levels hypoxemic of animals in short-term mountain adaptation and the subsequent readaptation in a lowlands

Keywords: red blood cells, hemoglobin, reticulocytes, highlands, lowlands, adaptation, readaptation, climbers, white rats.