

УДК 612+612.091

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ЭЛЕМЕНТОВ КРАСНОЙ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ В ПРОЦЕССЕ ГОРНОЙ РЕАДАПТАЦИИ

А.Г. Зарифьян, Е.М. Бебинов, В.В. Боголюбов, Л.В. Щербак

Изучалась динамика элементов эритропоэза человека и животных при кратковременной высокогорной адаптации и последующей реадaptации в низкогорье.

Ключевые слова: эритроциты; гемоглобин; ретикулоциты; высокогорье; низкогорье; адаптация; реадaptация; альпинисты; белые крысы.

SOME FEATURES OF ELEMENTS DYNAMICS OF HUMAN AND ANIMAL RED BLOOD IN THE COURSE OF MOUNTAIN READAPTATION

A.G. Zarif'yan, E.M. Bebinov, V.V. Bogolyubov, L.V. Shcherbak

Dynamics of erythropoiesis elements of humans and animals was studied at short-term mountain adaptation and the subsequent readaptation in lowlands.

Key words: red blood cells; hemoglobin; reticulocytes; highlands; lowlands; adaptation; readaptation; climbers; white rats.

За последние десятилетия в горной физиологии выявлен ряд особенностей в работе систем жизнеобеспечения организма человека и животных, адаптирующихся к различным горным высотам [1–8.]

Особый интерес в плане высотной адаптации вызывают данные, полученные на спортсменах-альпинистах, поскольку их организм подвергается воздействию природной гипоксии различной степени в течение небольших временных интервалов (от часов до нескольких суток) [3, 8–10]. Степень этого воздействия колеблется в широких пределах в зависимости от высоты подъема в процессе восхождения на ту или иную горную вершину. Пребывание в горной местности в сочетании с занятиями спортом сопровождается воздействием на организм человека многих факторов. К характерным особенностям горного климата относятся: пониженное атмосферное давление и связанное с этим пропорциональное снижение PO_2 в воздухе, колебания значений дневных и ночных температур, интенсивная солнечная радиация, пониженная влажность воздуха и его высокая ионизация. Характерно, что одинаковые высоты в разных горных провинциях вызывают неоднозначные сдвиги в организме и в то же время исследователями отмечались одинаковые функциональные сдвиги на разных высотах [1, 4, 5, 8].

Вопросы физиологии горных адаптаций подробно разработаны на протяжении нескольких десятков лет многими исследователями в Кыргызстане, других государствах СНГ и во многих странах мира, имеющих на своих территориях горные массивы. К настоящему времени, несмотря на подробную разработку вопросов, касающихся изучения адаптивных сдвигов человека и животных, перемещаемых из равнинной местности в условия высокогорья, недостаточно исследованы морфофункциональные особенности систем организма, возвращенного в равнинные (низкогорные) условия после пребывания в горах.

Исследование физиологических характеристик человека и животных после спуска в условия низкогорья имеет как большое научно-теоретическое значение, так и содержит ценные практические возможности для разработки мер коррекции постадаптационных сдвигов. Одним из моментов, заставивших авторов обратить внимание настоящего сообщения на тему перестроек в системе эритропоэза 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 изучались показатели красной крови

в условиях низкогорья, затем спортсмены прошли через несколько этапов высокогорных тренировок в альплагере “Ала-Арча” (высота 2150 м над ур. м.). После каждой высокогорной серии тренировок альпинисты возвращались в г. Бишкек и обследовались по стандартной программе. Группа обследованных спортсменов состояла из 9 человек (мастеров спорта и кандидатов в мастера спорта). Все участники предварительно прошли врачебный медосмотр с привлечением терапевта, хирурга и невропатолога. В течение ряда лет спортсмены проходили контрольные осмотры в физкультурном диспансере (или по месту жительства). К моменту настоящего обследования все участники были отнесены к разряду практически здоровых.

Гематологические исследования проводились в г. Бишкек (высота – 760 м над ур. м.). В начале было проведено фоновое обследование спортсменов с регистрацией показателей красной крови (количество эритроцитов, концентрация гемоглобина, количество ретикулоцитов).

Затем под руководством тренера команды спортсмены прошли через этап высокогорных тренировок в альплагере Ала-Арча в течение двух недель.

Во время нахождения в горах обследуемые спортсмены ночевали в альплагере, а в дневное время совершали восхождения на горные высоты (до 4000–4500 м над ур. м.). После первой высокогорной серии тренировок альпинисты вернулись в г. Бишкек и были обследованы с регистрацией вышеуказанных показателей крови в течение трех дней. В низкогорье спортсмены находились в течение трех недель и затем вновь были завезены в альплагерь.

Следующая серия горных тренировок проводилась по отработанной схеме, но с восхождением на меньшую высоту. После спуска спортсменов в г. Бишкек вновь состоялось обследование с регистрацией показателей гемограммы. В этой серии спортсмены находились в условиях низкогорья в течение четырех недель.

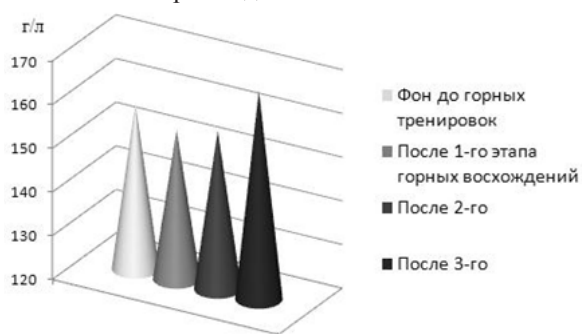


Рисунок 1 – Содержание гемоглобина (г/л) в крови альпинистов на протяжении горного тренировочного периода

В дни последующих высокогорных тренировок спортсмены поднимались от уровня альплагеря до высоты 4600–4700 м над ур. м. После спуска в низкогорье вновь проведено обследование по ранее использованной схеме.

При сравнении фоновых данных и результатов каждого обследования, проводившегося после каждой серии высокогорных тренировок, появилась возможность контроля за динамикой характеристик красной крови по срокам тренировок (рисунки 1–3). Показатели обследованных альпинистов в фоне (до высокогорных тренировок) были достоверно выше по сравнению с данными контроля (жители г. Бишкек, не поднимающиеся в горы). Важно отметить, что после каждого пребывания в горах наблюдалось умеренное снижение изучаемых параметров (содержание гемоглобина (г/л): исходное – 157,8, после первого восхождения – 154,1, после второго – 156,2, после третьего наблюдалось увеличение – 167,2; содержание эритроцитов ($10^{12}/л$): до горных восхождений – 5,2, после первого восхождения – 4,9, после второго – 5,0, после третьего – 4,9; содержание ретикулоцитов (γ): до горных восхождений 2,9, после первого восхождения – 2,8, после второго – 2,1). Следует иметь в виду, что система гемопоза альпинистов высокой квалификации подвергалась неоднократному воздействию высокогорной гипоксической среды, чередующемуся с пребыванием в атмосфере низкогорья, что значительно снизило 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.

На первом этапе работы с животными (белые крысы) в условиях высоты 760 м над ур. м. было проведено исследование красной крови. Содержание эритроцитов у животных, родившихся

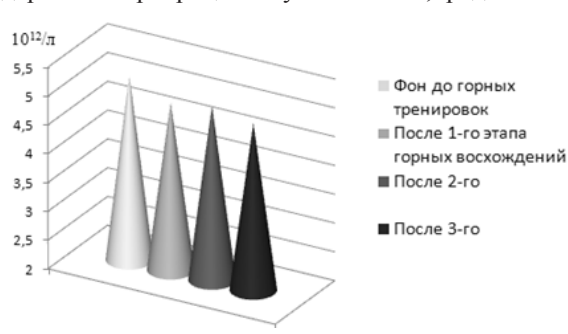


Рисунок 2 – Содержание эритроцитов ($10^{12}/л$) в крови альпинистов на протяжении горного тренировочного периода

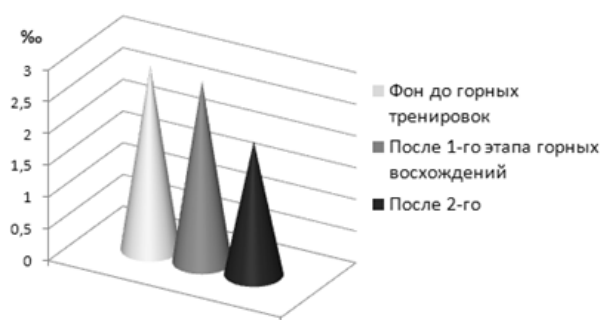


Рисунок 3 – Содержание ретикулоцитов (%) в крови альпинистов на протяжении горного тренировочного периода

и постоянно проживающих в условиях низкогогорья (высота – 760 м над ур. м.), находилось в пределах $6,91 \pm 0,78 \times 10^{12}/л$, концентрация гемоглобина оказалась равной 140 ± 1 г/л, число ретикулоцитов составило $8,5 \pm 0,67$ ‰. Рассмотренные данные отражены на рисунках 4–6.

После получения фоновых данных в низкогогорье животные вывозились на высокогорную базу (пер. Туя-Ашуу, высота 3200 м). Адаптация крыс к условиям высокогорья длилась 30 дней, после чего у них вновь определялись показатели красной крови. В этом сроке пребывания животных в горах количество эритроцитов составило $7,67 \pm 0,13 \times 10^{12}/л$, концентрация гемоглобина – $152,6 \pm 2,2$ г/л, количество ретикулоцитов – $12,86 \pm 0,94$ ‰. После возвращения животных в низкогогорные условия не наблюдалось достоверных сдвигов содержания гемоглобина ($152 \pm 3,9$ г/л), в то же время количество эритроцитов заметно уменьшилось – до $7,4 \pm 0,13 \times 10^{12}/л$, содержание ретикулоцитов составило $10,7 \pm 1,1$ ‰, что было ниже по сравнению с данными, полученными на 30-й день горной адаптации. Характерно, что в последующем, на 9–13-е сутки реадaptации, значения показателей красной крови были близки к данным, полученным на ее 2–3-и сутки. В наблюдениях, проведенных на 17–18-е сутки пребывания животных в низкогогорье, содержание гемоглобина и эритроцитов значительно снижается, а количество ретикулоцитов умеренно возрастает. На 28–30-е сутки отмечается снижение показателей красной крови до уровня предыдущего срока обследования, при этом количество ретикулоцитов тоже падает. Таким образом, эксперименты, проведенные в низкогогорных условиях (период реадaptации), показали динамику соотношения эритроцитов, гемоглобина и ретикулоцитов в кровяном русле организма, попавшего из условий гипоксической среды (высокогогорье) в атмосферу относительной гипероксии (низкогогорье).

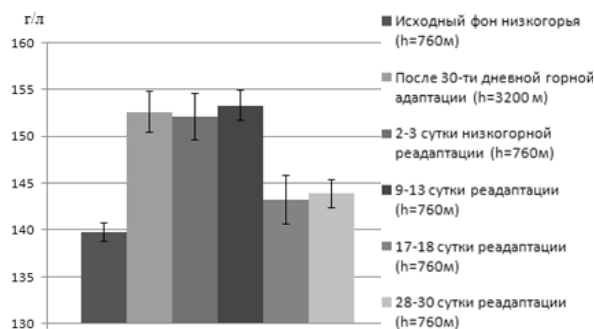


Рисунок 4 – Содержание гемоглобина (г/л) в крови белых крыс на протяжении горного адаптационно-реадaptационного периода

Обнаружено, что быстрореагирующим показателем является количество эритроцитов, несколько медленнее идёт снижение содержания гемоглобина. Продукция ретикулоцитов костным мозгом продолжается до третьей недели реадaptационного периода. Стабилизация процессов красного кроветворения ориентировочно происходит к концу 30-дневной реадaptации животных.

Несмотря на количественные различия содержания форменных элементов красной крови спортсменов и лабораторных крыс при анализе результатов прослеживается определенное сходство сдвигов, проявляющееся нарастанием показателей эритроцитарного ряда в процессе высокогорной адаптации и снижением изучаемых элементов после возвращения в низкогогорные условия. В данном случае следует отметить, что организм альпинистов в процессе описанных тренировок пребывал в состоянии повторяющейся реадaptации: т. е. адаптированные к низкогогорью люди переводились на режим высокогорной адаптации, сменяющийся переводом в низкогогорные (реадaptационные) условия. Весь процесс тренировок можно рассматривать как флюктуационную адаптацию.

На рассмотренном этапе эксперимента были выбраны сроки, достаточные для отчетливого про-

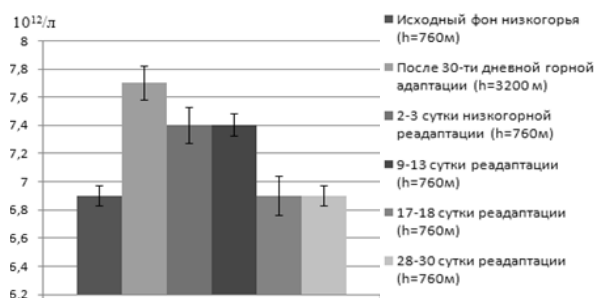


Рисунок 5 – Содержание эритроцитов (10¹²/л) в крови белых крыс на протяжении горного адаптационно-реадaptационного периода

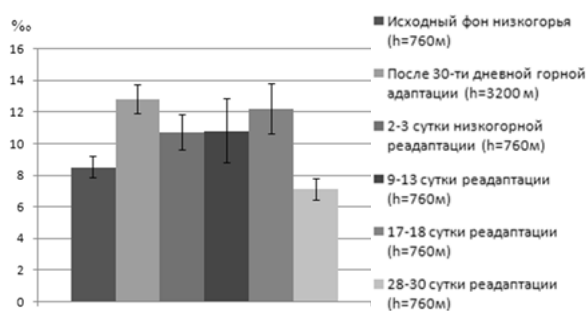


Рисунок 6 – Содержание эритроцитов (10¹²/л) в крови белых крыс на протяжении горного адаптационно-реадаптационного периода

ведения наблюдений за реадaptационными сдвигами. Крысы, адаптированные к низкогорью (постоянно проживавшие на высоте 760 м), завозились на бoльшую высоту. За 30 дней проживания на высоте 3200 метров произошли адаптивные сдвиги в системе эритропоза, отраженные в достоверных изменениях количества эритроцитов, содержания гемоглобина и нарастании количества ретикулоцитов. Находясь на высоте, животные подвергались влиянию комплекса факторов высокогорья, основным из которых следует считать гипоксическое воздействие. Перемещение крыс в прежние (низкогорные) условия приводило к воздействию более высокого парциального давления кислорода (состоянию относительной гипероксии), что постепенно уменьшало интенсивность эритропоза (наблюдалось падение количества эритроцитов, концентрации гемоглобина и снижение числа ретикулоцитов). Стабилизация реадaptационных изменений элементов красного ряда крови наступает у крыс к концу 4-й недели реадaptации. Сравнивая фрагменты изменения красной крови в процессе тренировок альпинистов с данными экспериментов, проведенных на животных, следует полагать, что отрезки времени нахождения спортсменов в низкогорье недостаточны для возвращения механизмов эритропоза на начальный уровень активности. Судя по показателям крови, в тренировочный режим следует, по-видимому, ввести коррекцию и установить сроки реадaptации, обеспечивающие восстановление адаптивных возможностей спортсменов перед последующими этапами горных тренировок. Конечно, полученные результаты пока не позволяют рекомендовать тренерам и альпинистам изменять длительность времени адаптации и реадaptации.

Таким образом, результаты экспериментов дают основание полагать, что после проведения дополнительных серий гематологического обследования альпинистов и изучения красной крови

животных с использованием более длительных сроков высокогорной адаптации и низкогорной реадaptации можно будет сформулировать окончательные рекомендации по изменению тренировочного режима спортсменов, включая увеличение длительности низкогорной реадaptации после высокогорной тренировки.

Литература

1. Агаджанян Н.А. Адаптация и резервы нашего организма / Н.А. Агаджанян. М.: Физкультура и спорт, 1983. 176 с.
2. Агаджанян Н.А. Функционирование вегетативной нервной системы женщин в процессе высокогорной адаптации и реадaptации к условиям низкогорья / Н.А. Агаджанян, И.М. Лебедева, Е.М. Бебинов и др. // Физиология человека. 1992. Т. 18. № 4. С. 5–11.
3. Агаджанян Н.А. Резервы организма и экстремальный туризм / Н.А. Агаджанян, А.Н. Кислицын. М., 2002. 302 с.
4. Агаджанян Н.А. Горы и резистентность организма / Н.А. Агаджанян, М.М. Миррахимов. М.: Наука, 1970. 170 с.
5. Айдаралиев А.А. Физиологические механизмы адаптации и пути повышения резистентности организма к гипоксии / А.А. Айдаралиев. Фрунзе: Илим, 1978. 190 с.
6. Данияров С.Б. Функциональные особенности реагирования сердечно-сосудистой системы юношей и девушек коренного и некоренного населения Кыргызстана / С.Б. Данияров, Ж.У. Турсукеева // Актуальные вопросы физиологии, морфологии, экспериментальной и клинической патологии организма в климатогеографических условиях Кыргызстана. Бишкек, 1999. С. 37–43.
7. Данияров С.Б. Высокогорье и вегетативная нервная система / С.Б. Данияров, А.Г. Зарифьян. Ташкент: Медицина, 1977. 176 с.
8. Крестина Л.С. Исследование особенностей функционального состояния организма спортсменов-альпинистов после высокогорных восхождений: автореф. дис. ... канд. мед. наук / Л.С. Крестина. М., 2011. 13 с.
9. Рябцев С.М. Устойчивость физиологических и психологических функций спортсменов как основа безопасности при занятиях альпинизмом / С.М. Рябцев, Т.Н. Васильева // Теория и практика физической культуры. 2007. № 3. С. 54–58
10. Смирнов В.М. Физиология физического воспитания и спорта: учебник для студ. сред. и высш. учебных заведений / В.М. Смирнов, В.И. Дубровский. М.: Владос-пресс, 2002. С. 540–542.