

УДК 796.422.14

DOI 10.34014/2227-1848-2020-2-112-122

ВЛИЯНИЕ АКТИВНОГО ОТДЫХА В СРЕДНЕГОРЬЕ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНОВ

А.В. Тимушкин¹, И.В. Антипов³, А.В. Попов¹, Ю.А. Талагаева², М.В. Балыкин³

¹ ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского», г. Балашов, Россия;

² Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Россия;

³ ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», г. Ульяновск, Россия

Цель – исследование влияния активного отдыха на функциональное состояние организма и физическую работоспособность спортсменов в период пребывания в среднегорье и в последующий период реадaptации.

Материалы и методы. В исследовании участвовали 9 спортсменов-мужчин в возрасте 19–22 лет, специализирующихся в беге на средние и длинные дистанции. Исследование проводилось в переходный период годового цикла тренировки в г. Бишкеке (Киргизская Республика) во время трехнедельного пребывания в среднегорье (2000 м) и после возвращения в предгорье (6-е и 20–21-е сут реадaptации). В период исследования устанавливался режим активного отдыха (альтернативные виды двигательной активности). В период пребывания в среднегорье (1–2, 6, 10 и 18-е сут) и реадaptации (6–7-е и 20–21-е сут) у спортсменов оценивали состояние кардиореспираторной системы, дыхательную функцию и уровень максимального потребления O₂.

Результаты. Во время пребывания в среднегорье наблюдались увеличение резервов внешнего дыхания (максимальная вентиляция легких и функциональный уровень дыхания), повышение инотропных и снижение хронотропных механизмов регуляции сердечной деятельности, улучшение кислородтранспортной функции крови (содержание Hb). Уровень VO_{2max} снижался на 1–10-е сут адaptации в среднегорье и возвращался к исходному на 18-е сут. В период реадaptации (6-е сут) аэробные возможности (VO_{2max}) повышались на 9,7 % (p≤0,05) по сравнению с уровнем в среднегорье (18-е сут) и на 5,7 % (p≤0,05) превышали исходный уровень в предгорье. На 20–21-е сут реадaptации уровень аэробных возможностей не отличался от исходного уровня.

Выводы. Активный отдых в среднегорье является эффективным средством сохранения функциональных резервов организма спортсменов в переходный период годового цикла спортивной тренировки.

Ключевые слова: среднегорье, спортсмены-легкоатлеты, активный отдых, функциональные системы организма, работоспособность, адaptация, реадaptация.

Введение. Принцип цикличности тренировочного процесса, реализуемый в сфере спортивной деятельности, предполагает наличие переходного периода в подготовке спортсменов. Этот период характеризуется снижением напряженности тренировочного процесса, что в свою очередь отражается на функциональном состоянии систем организма, обеспечивающих высокую работоспособность в тренировочной и спортивной деятельности [1]. Высокий резерв функциональных систем организма, достигнутый в результате выполнения напряженной тренировочной программы в подготовительный и сорев-

новательный периоды, в переходном периоде снижается, и при его завершении возникает необходимость использования специальных средств и методов для скорейшего восстановления физической работоспособности спортсменов [2, 3]. Для сохранения адекватного уровня функциональных резервов организма в переходный период используется широкий спектр методических подходов, включая занятия альтернативными видами спорта, средства восстановительной медицины, применение физико-химических факторов среды [4–6].

Большую популярность в спортивной медицине и практике получило использование

горного климата для расширения функциональных резервов организма и улучшения спортивных результатов [4–8]. В этих целях используется организация тренировок в условиях средне- и высокогорья, которые проводятся на разных этапах подготовки к ответственным стартам [9–11]. Показано, что тренировка в горах приводит к повышению функциональных резервов внешнего дыхания, сердечно-сосудистой системы, улучшению газотранспортной функции крови, тканевого дыхания и аэробных возможностей организма [12–15]. Эти изменения сохраняются в период реадaptации после тренировок в горных условиях и лежат в основе повышения общей и специальной работоспособности спортсменов [16, 17]. По этим причинам тренировки в среднегорье, как правило, проводятся на подготовительном и соревновательном этапах подготовки и направлены на решение специфических задач, связанных с повышением функциональных резервов организма, физической работоспособности, общей и специальной выносливости [4, 9]. При этом имеются многочисленные сведения о саногенных эффектах природной и экспериментальной гипоксии, показаны системные и органные механизмы адаптации в горах [18–20]. Эти сведения послужили предпосылкой для рассмотрения возможности использования среднегорья в качестве средства разгрузки спортсменов для сохранения их функционального состояния и физической работоспособности на оптимальном уровне в переходный период тренировочного цикла.

Цель исследования. Изучить влияние активного отдыха на функциональное состояние организма и физическую работоспособность спортсменов в период пребывания в среднегорье и в последующий период реадaptации.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 9 спортсменов-мужчин в возрасте 19–22 лет, имеющих 1-й спортивный разряд, специализирующихся в беге на средние и длинные дистанции. От каждого обследуемого было получено информированное согласие на участие в исследовании в соответствии с утвержденным протоколом, этическими принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации.

Первый этап исследования был проведен в г. Бишкеке (Киргизская Республика) в начале переходного периода годового цикла спортивной тренировки. Вторым этапом проходил во время трехнедельного пребывания спортсменов в среднегорье, на высоте 2000 м над ур. м. Третий этап – в трехнедельный период после возвращения спортсменов в предгорье (г. Бишкек) (период реадaptации).

В период пребывания в среднегорье у спортсменов отменялись специализированные тренировки и в распорядок дня вводился активный отдых в виде прогулок, спортивных игр, походов в горной местности. На всех этапах исследования в утренние часы проводилась оценка функционального состояния спортсменов. Исследования осуществлялись в стандартных условиях на 1–2, 6, 10 и 18-е сут пребывания в среднегорье и на 6–7-е и 20–21-е сут периода реадaptации. В состоянии относительного мышечного покоя у спортсменов определяли минутный объем дыхания (VE), жизненную емкость легких (VC), уровень максимальной вентиляции легких (MVV) и функциональный уровень дыхания (FLB), которые оценивали методом спирографии. Частоту сердечных сокращений (f), систолический (SV) и минутный объем (Q) кровообращения оценивали методом реографии (реограф «Реан-Поли», Россия). Содержание эритроцитов (RBC), гемоглобина (Hb) и гематокрит (Ht) определяли общепринятыми биохимическими методами в образцах периферической крови, полученных утром натощак. Максимальное потребление кислорода (VO_{2max}) определяли прямым методом с использованием велоэргометрического теста ступенчато-возрастающей мощности до отказа испытуемых от работы; потребление кислорода (VO_2) определяли в состоянии относительного мышечного покоя и в динамике выполнения нагрузки (газоанализатор «Спиролит-2», Германия).

Математическую обработку материала проводили с использованием t-критерия Стьюдента. Статистическую значимость принимали на уровне $p \leq 0,05$. Расчеты выполняли с использованием пакета программ Statistica 10.0.

Результаты и обсуждение. Результаты проведенных исследований показали, что переезд спортсменов в среднегорье (высота

2000 м над ур. м.) не влияет на статические (VC) показатели внешнего дыхания (табл. 1).

При этом в состоянии относительного мышечного покоя минутный объем дыхания во все сроки пребывания в горах практически не изменяется по сравнению с контрольными данными, зарегистрированными в предгорье.

При оценке функциональных резервов внешнего дыхания оказалось, что максимальная вентиляция легких после переезда спортсменов в горы повышается от 22,2 % ($p \leq 0,05$) в начальный период горной адаптации до 31,1 % ($p \leq 0,05$) в конце третьей недели пребывания в горах.

Таблица 1
Table 1

Динамика внешнего дыхания у спортсменов на разных этапах пребывания в среднегорье и в период реадaptации (M±m)

Dynamics of external respiration in athletes at different stages of stay in the middle mountains and during the readaptation period (M±m)

Этап Stage		Показатели Parameters			
		VC, мл VC, ml	MVV, л/мин MVV, l/min	VE, л/мин VE, l/min	FLB, у.е. FLB
Предгорье, исходный уровень Foothills, baseline		5606±420	148±6,2	9,1±0,6	107,1±10,7
Горы, 2000 м Mountains, 2000 m	1–2-й дни 1 st –2 nd days	5784±529	181±11,6*	7,9±0,4	138,5±7,9*
	6-й день 6 th day	5717±331	188±10,7*	8,7±0,5	131,3±11,6*
	10-й день 10 th day	5609±522	189±7,5*	9,4±0,8	139,5±12,2*
	18-й день 18 th day	5814±402	194±8,8*	8,4±0,7	139,1±8,9*
Реадаптация Readaptation	6–7-й дни 6 th –7 th days	6150±606	174±6,7*	8,5±0,7	128,1±9,1
	20–21-й дни 20 th –21 st days	5748±381	167±7,2*	7,6±0,4*	136,8±9,2*

Примечание. * – здесь и далее различия достоверны по сравнению с исходным уровнем в предгорье ($p \leq 0,05$).

Note. * – hereinafter, the differences are significant compared to the baseline in the foothills ($p \leq 0.05$).

Поскольку MVV определяется резервными возможностями внешнего дыхания, можно полагать, что снижение атмосферного давления, плотности воздуха и, соответственно, респираторного сопротивления потоку в среднегорье снижает нагрузку на дыхательные мышцы и, следовательно, влияет на отмеченное увеличение показателя. О повышении респираторных резервов у спортсменов в условиях активного отдыха свидетельствует достоверное увеличение функционального уровня дыхания, которое отмечается в

первые дни и сохраняется на стабильно высоком уровне ($p \leq 0,05$) на 10–18-е сут пребывания в среднегорье. Полученные данные свидетельствуют, что исключение из режима дня специфических тренировочных нагрузок и перекючение спортсменов на режим активного отдыха в условиях среднегорья не только не ограничивает, но и способствует стабильно высокому поддержанию вентиляционных возможностей, в основе которых, очевидно, лежат природно-климатические факторы окружающей среды, включая гипоксический.

В период реадaptации эффект активного отдыха в среднегорье сохраняется (табл. 1). Так, при неизменных величинах VC и VE в период реадaptации резерв внешнего дыхания у спортсменов сохраняется повышенным на протяжении всего периода наблюдения после спуска в равнину. Подтверждением этого служат стабильно высокие уровни MVV и FLB, которые сохраняются, несмотря на повышение атмосферного давления после спуска в долину, на протяжении 20–21 сут реадaptации. Подобные изменения, по-видимому, следует рассматривать как следствие хронического действия гипоксии, пребывание в условиях которой приводит к адаптивным морфофункциональным

изменениям в паренхиме легких, основных и вспомогательных респираторных мышцах [18], определяющих сравнительно высокий резерв внешнего дыхания после спуска на равнину.

Известно, что пребывание в горах сопровождается реактивными изменениями сердечно-сосудистой системы, сопряженными с компенсацией артериальной гипоксемии и тканевой гипоксии [18]. Результаты исследования показали, что в период пребывания спортсменов в среднегорье отмечаются достоверное увеличение Q в первые дни адаптации (1–2-е сут) и его стабилизация на относительно высоком уровне в последующие сроки наблюдения (табл. 2).

Таблица 2

Table 2

Изменения системной гемодинамики у спортсменов на разных этапах пребывания в среднегорье и в период реадaptации (M±m)

Changes in systemic hemodynamics in athletes at different stages of their stay in the middle mountains and during the readaptation period (M±m)

Этап Stage		Показатели Parameters		
		Q, л/мин Q, l/min	SV, мл SV, ml	HR, уд/мин HR, b/min
Предгорье, исходный уровень Foothills, baseline		5,9±0,4	93,7±7,2	62,5±1,8
Горы, 2000 м Mountains, 2000 m	1–2-й дни 1 st –2 nd days	6,9±0,5*	134,9±7,3*	51,5±2,1*
	6-й день 6 th day	6,2±0,3	117,6±6,3*	53,7±0,8*
	10-й день 10 th day	6,5±0,5	117,8±10,5*	54,8±2,0*
	18-й день 18 th day	6,7±0,5	134,9±12,6*	49,8±2,3*
Реадaptация Readaptation	6–7-й дни 6 th –7 th days	5,2±0,4	90,0±5,0	57,4±2,8
	20–21-й дни 20 th –21 st days	4,5±0,2*	78,2±2,1*	57,4±1,6*

Установлено, что поддержание относительно высокого уровня Q на всем протяжении исследования в среднегорье происходит на фоне достоверного увеличения систолического выброса, что свидетельствует об активации инотропных эффектов и повышении сократимости сердца. При этом имеет место до-

стоверное снижение частоты сердечных сокращений, которая на 1–18-е сут исследования снижается в среднем от 12,4 до 20,3 % ($p \leq 0,05$) по сравнению с контрольными данными в предгорье. Отмеченное повышение инотропизма миокарда в среднегорье, по-видимому, сопряжено с особенностями регуля-

ции сердца спортсменов и проявлением «экономизации» его деятельности в условиях умеренной гипоксии.

После возвращения в предгорье (реадаптация) отмечалось снижение систолического и минутного объема кровообращения при умеренном повышении частоты сердечных сокращений. При этом на 6–7-е сут после возвращения в предгорье показатели системной гемодинамики практически не отличались от контрольных величин, отмеченных до переезда в среднегорье, а на 20–21-е сут реадаптации снижались и стабилизировались на более низком, по сравнению с исходным, уровне. Очевидно, это связано с эффектом мышечной

«разгрузки» в период активного отдыха, стабилизацией сердечно-сосудистой системы на новом функциональном уровне, сопряженном с пролонгированным ограничением больших по объему и мощности двигательных режимов.

Для оценки показателей газотранспортной функции крови у спортсменов до, во время пребывания в среднегорье и после возвращения в предгорье определяли содержание эритроцитов, гемоглобина и гематокрит (табл. 3). Результаты исследования показали, что в первые дни (1–2-е сут) после переезда спортсменов на высоту 2000 м над ур. м. отмечается тенденция к повышению всех показателей (табл. 3).

Таблица 3

Table 3

Изменения периферической крови у спортсменов на разных этапах пребывания в среднегорье и в период реадаптации (M±m)

Peripheral blood changes in athletes at different stages of their stay in the middle mountains and during the readaptation period (M±m)

Этап Stage		Показатели Parameters		
		Hb, г/л Hb, g/l	RBC, 10 ¹² /л RBC, 10 ¹² /l	Hct, %
Предгорье, исходный уровень Foothills, baseline		139,0±7,5	4,7±0,7	42,4±3,9
Горы, 2000 м Mountains, 2000 m	1–2-й дни 1 st –2 nd days	151,0±9,0	4,9±0,1	46,8±2,6
	6-й день 6 th day	186,0±6,6*	4,7±0,1	53,6±0,1*
	10-й день 10 th day	181,0±2,1*	4,8±0,1	54,4±3,5*
	18-й день 18 th day	186,0±3,7*	4,9±0,1	54,8±1,0*
Реадаптация Readaptation	6–7-й дни 6 th –7 th days	144,0±6,6	4,8±0,2	42,6±1,7
	20–21-й дни 20 th –21 st days	147,0±5,5	4,9±0,7	43,8±1,0

В последующие сроки содержание гемоглобина увеличивается на 30–33 % ($p \leq 0,05$) на фоне повышенного (28,5 %) гематокрита. Можно полагать, что увеличение кислородной емкости крови (повышение Hb) в этих условиях сопряжено с гемоконцентрацией, которая возникает в горах в связи с пониженной влажностью воздуха и потерей жидкост-

ти. Возможной причиной улучшения кислородтранспортной функции крови является активация эритропоэза, увеличение количества ретикулоцитов и улучшение цветового показателя в условиях гипоксии [16]. Важная роль в развертывании этих процессов принадлежит активации молекулярно-клеточных механизмов, в частности гипоксией индуцируемого

фактора (Hif 1A), белка, который в условиях дефицита O_2 влияет на экспрессию более 100 генов, реализующих ответные реакции на гипоксию, включая экспрессию генов эритропоэза, ангиогенеза, углеводного обмена и т.д. [21–23]. В условиях нормоксии этот путь мобилизации системных и тканевых механизмов приспособления к гипоксии инактивируется [23, 24].

Действительно, результаты исследования показали, что в первые дни реадaptации имеет место снижение RBC и Hb, однако на 6–7-е и 20–21-е сут их уровень сохраняется на достаточно высоком уровне.

Важным критерием оценки функционального состояния спортсменов в процессе пребывания в среднегорье и в период реадaptации является уровень максимального потребления O_2 , характеризующий аэробные возможности и общую физическую работоспособность спортсменов. Известно, что уровень аэробных возможностей и физической работоспособности зависит от высоты местности и

снижается в среднем на 10 % на каждую тысячу метров подъема в горы. В этих условиях увеличивается кислородная стоимость мышечной работы, отмечаются реактивные изменения всех звеньев системы транспорта O_2 , повышается степень развивающейся тканевой гипоксии, что является базовым принципом организации тренировочного процесса в горных условиях, который обеспечивает повышение резервных возможностей. В рамках проведенного нами исследования этот принцип был изменен и специальные тренировки заменялись активным отдыхом.

Результаты тестирования спортсменов показали, что пребывание в среднегорье сопровождается снижением уровня VO_{2max} (табл. 4). Так, относительный уровень VO_{2max} достоверно снижается на 16,3 % ($p \leq 0,05$) в первые двое суток, сохраняется сниженным на 10,8 и 9,5 % ($p \leq 0,05$) на 6-е и 10-е сут, а на 18-е сут адаптации в среднегорье практически не отличается от исходных данных в предгорье.

Таблица 4
Table 4

Изменения максимального потребления кислорода у спортсменов в среднегорье и в период реадaptации ($M \pm m$)

Changes in maximal oxygen consumption in athletes during their stay in the middle mountains and readaptation period ($M \pm m$)

Этап Stage		VO _{2max}	
		мл/мин ml/min	мл/мин/кг ml/min/kg
Предгорье, исходный уровень Foothills, baseline		3483±39	49,2±1,4
Горы, 2000 м Mountains, 2000 m	1–2-й дни 1st–2nd days	2996±84*	42,3±1,6*
	6-й день 6th day	3141±55*	44,4±1,7*
	10-й день 10th day	3177±46*	44,9±1,6*
	18-й день 18th day	3293±43*	47,4±1,3*
Реадaptация, 760 м Readaptation, 760 m	6–7-й дни 6th–7th days	3612±49*	52,0±0,9*
	20–21-й дни 20th–21st days	3509±51	50,5±1,1

Динамика этих изменений свидетельствует, что по мере увеличения сроков пребывания в среднегорье уровень VO_{2max} восстанавливается и к окончанию исследования (20–21-е сут) практически не отличается от данных в предгорье. Эти данные свидетельствуют о формировании стабильной фазы адаптации, которая характеризуется совокупностью морфофункциональных изменений в органах и тканях и сопровождается повышением устойчивости к гипоксии [18]. В период реадaptации положительный эффект горной адаптации сохраняется [16]. Результаты тестирования аэробных возможностей спортсменов показали, что на 6–7-е сут реадaptации уровень VO_{2max} достоверно увеличивается на 9,7 % ($p \leq 0,05$) по сравнению с последним исследованием в среднегорье и на 5,7 % ($p \leq 0,05$)

превышает исходные данные, отмеченные до пребывания в горах.

Заключение. Двигательный режим активного отдыха в условиях среднегорья позволяет ограничить объемы и интенсивность специфической тренировочной работы на фоне сохранения высокого функционального уровня газотранспортной системы (внешнее дыхание, сердечно-сосудистая система, кровь) и аэробных резервов организма. Таким образом, снижение напряженности тренировочного процесса в условиях среднегорья может быть использовано для решения задач восстановления после соревновательного периода и подготовки к подготовительному при сохранении высокого функционального уровня систем, определяющих общую и специальную подготовленность спортсменов в беге на средние дистанции.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. *Никитушкин В.Г., Суслов Ф.П.* Спорт высших достижений: теория и методика: учебное пособие. М.: Спорт; 2018. 320.
2. *Ганопольский В.П., Матвеев В.О., Родичкин П.В., Яковлев А.В.* Повышение физической работоспособности спортсменов на основе интервальной гипоксической тренировки. Теория и практика физической культуры. 2019; 10: 18–20.
3. *Ventura N., Hoppeler H., Seiler R., Binggeli A., Mullis P., Vogt M.* The response of trained athletes to six weeks of endurance training in hypoxia or normoxia. *Int. J. Sports Med.* 2003; 24 (3): 166–172.
4. *Грушин А.А., Нагейкина С.В.* Использование условий среднегорья в подготовке высококвалифицированных лыжниц-гонщиц к крупнейшим международным спортивным соревнованиям. Теория и практика физической культуры. 2016; 5: 66–69.
5. *Иорданская Ф.А.* Гипоксия в тренировке спортсменов и факторы, повышающие ее эффективность. М.: Советский спорт; 2015. 157.
6. *Шлык Н.И., Алабужев А.Е., Николаев Ю.С.* Определение функциональной готовности бегунов-стайеров и средневики к ежедневным тренировочным нагрузкам в условиях среднегорья. Теория и практика физической культуры. 2018; 12: 45–48.
7. *Эрлих В.В., Исаев А.П., Романов Ю.Н., Епишев В.В., Кораблева Ю.Б.* Дифференцированная оценка обменных процессов при акклиматизации в среднегорье квалифицированных бегунов на средние дистанции. Теория и практика физической культуры. 2016; 3: 14–16.
8. *Мякинченко Е.Б., Крючков А.С., Шестаков М.П.* Некоторые аспекты использования условий гипоксии в тренировочном процессе спортсменов зимних циклических видов. Вестник спортивной науки. 2016; 5: 22–28.
9. *Мосин И.В., Есаулов М.Н., Мосина И.Н.* Оптимизация тренировочной нагрузки бегунов на средние дистанции в условиях среднегорья. Теория и практика физической культуры. 2018; 10: 85–88.
10. *Тимушкин А.В.* Влияние на организм пребывания и тренировки спортсменов в горах. Экопрофилактика, оздоровительные и спортивно-тренировочные технологии: материалы Международной научно-практической конференции. Саратов: Саратовский источник; 2015: 193–197.
11. *Мякинченко Е.Б., Крючков А.С., Дудко Г.А., Дикунец М.А., Мякинченко П.Е.* Динамика и различия биохимического профиля спортсменов в различных фазах среднегорной подготовки относительно тренировки на уровне моря. Человек. Спорт. Медицина. 2019; 19 (4): 7–13.

12. Шлык Н.И., Алабужев А.Е., Шумихина И.И. Индивидуальный подход к анализу тренировочного процесса по данным variability сердечного ритма у легкоатлетов-бегунов в условиях среднегорья. Теория и практика физической культуры. 2017; 1: 15–18.
13. 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: 86–96.
14. Khodae M., Grothe H.L., Seyfert J.H., VanBaak K. Athletes at high altitude. Sports Health. 2016; 8 (2): 126–132.
15. Bonetti D.L., Hopkins W.G. Sea-level exercise performance following adaptation to hypoxia: a metaanalysis. Sports Med. 2009; 39 (2): 107–127.
16. Зарифьян А.Г., Бебинов Е.М., Боголюбов В.В., Щербак Л.В. Некоторые особенности динамики элементов красной крови человека и животных в процессе горной реадaptации. Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. 2014; 14 (4): 76–79.
17. Sperlich B., Achtzehn S., de Marees M. Load management in elite German distance runners during 3-weeks of high-altitude training. Physiol. Rep. 2016; 4 (12): e12845.
18. Балыкин М.В., Каркобатов Х.Д. Системные и органные механизмы кислородного обеспечения организма в условиях высокогорья. Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2012; 98 (1): 127–136.
19. Филипченко Е.Г., Абдумаликова И.А., Захаров Г.А. Состояние электролитного гомеостаза при компенсаторной гиперфункции и гипертрофии сердца на разных горных высотах. Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. 2019; 19 (14): 56–59.
20. Quindry J., Dumke C., Slivka D., Ruby B. Impact of extreme exercise at high altitude on oxidative stress in humans. J. Physiol. 2016. 594; 18: 5093–5104.
21. Semenza G.L., Nejfelt M.K., Chi S.M., Antonarakis S.E. Hypoxia-inducible nuclear factors bind to an enhancer element located 3' to the human erythropoietin gene. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 1991; 88: 5680–5684.
22. Semenza G. Dynamic regulation of stem cell specification and maintenance by hypoxia-inducible factors. Mol. Aspects Med. 2016; 47–48: 15–23.
23. Samanta D., Prabhakar N., Semenza G. Systems biology of oxygen homeostasis. Wiley Interdiscip. Rev. Syst. Biol. Med. 2017; 9 (4): 1–15.
24. Semenza G. Hypoxia-inducible factors in physiology and medicine. Cell. 2012; 148 (3): 399–408.

Поступила в редакцию 12.02.2020; принята 06.05.2020.

Авторский коллектив

Тимушкин Александр Владимирович – доктор педагогических наук, профессор, декан факультета физической культуры и безопасности жизнедеятельности, ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского». 412309, Россия, Саратовская область, г. Балашов, ул. Карла Маркса, 19; e-mail: timushkin-box@rambler.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1051-2790>.

Антипов Игорь Викторович – кандидат биологических наук, доцент кафедры адаптивной физической культуры, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет». 432017, Россия, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42; e-mail: antipow@yandex.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5145-5556>.

Попов Андрей Владимирович – кандидат педагогических наук, доцент кафедры физической культуры и спорта, ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского». 412309, Россия, Саратовская область, г. Балашов, ул. Карла Маркса, 19; e-mail: and26175475@yandex.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1719-8722>.

Талагаева Юлия Александровна – преподаватель кафедры иностранных языков, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина». 394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54а; e-mail: talag-yulia@yandex.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9519-958X>.

Балыкин Михаил Васильевич – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой адаптивной физической культуры, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет». 432017, Россия, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42; e-mail: balmv@yandex.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2086-4581>.

Образец цитирования

Тимушкин А.В., Попов А.В., Талагаева Ю.А., Антипов И.В., Балыкин М.В. Влияние активного отдыха в среднгорье на функциональное состояние организма спортсменов. Ульяновский медико-биологический журнал. 2020; 2: 112–122. DOI: 10.34014/2227-1848-2020-2-112-122.

IMPACT OF OUTDOOR ACTIVITIES IN THE MIDDLE MOUNTAINS ON ATHLETES' FUNCTIONAL STATUS

A.V. Timushkin¹, I.V. Antipov³, A.V. Popov¹, Yu.A. Talagaeva², M.V. Balykin³

¹ Saratov State University, Balashov, Russia;

² Zhukovsky – Gagarin Air Force Academy, Voronezh, Russia;

³ Ulyanovsk State university, Ulyanovsk, Russia

The goal of the trial is to study the impact of outdoor activities on athletes' functional status and physical performance during their stay in the middle mountains and the subsequent readaptation period.

Materials and Methods. The study involved nine male athletes aged 19–22, specializing in middle- and long-distance running. The studies were carried out during the transitional period of the annual training cycle in Bishkek (Kyrgyz Republic) during a three-week stay in the middle mountains (2000 m) and after returning to the foothills (6th and 20th–21st days of readaptation). During the trial, an outdoor activity regimen was established (alternative motor activity types). During athletes' stay in the middle mountains (1st–2nd, 6th, 10th, and 18th days) and readaptation period (6th–7th and 20th–21st days), cardiorespiratory system status, respiratory function, and maximal oxygen consumption (VO_{2max}) were evaluated.

Results. While staying in the middle mountains, athletes demonstrated an increase in external respiration reserves (maximum breathing capacity and functional respiration level), an increase in inotropic and a decrease in chronotropic mechanisms of cardiac activity regulation, and the oxygen-transport blood function optimization (Hb content). VO_{2max} decreased on the 1st–10th days of staying in the middle mountains and returned to the baseline on the 18th day. During the readaptation period (6th day), aerobic capacity (VO_{2max}) increased by 9.7 % (p<0.05) compared with the indices in the middle mountains (18th day) and exceeded the baseline in the foothills by 5.7 % (p<0, 05). On 20th–21st days of readaptation, aerobic capacity level did not differ from the baseline.

Conclusion. Outdoor activities in the middle mountains can be an effective means to keep athletes' functional status during the transition period of the annual training cycle.

Keywords: middle mountains, athletes, outdoor activities, body functional systems, performance, adaptation, readaptation.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

References

1. Nikitushkin V.G., Suslov F.P. *Sport vysshikh dostizheniy: teoriya i metodika: uchebnoe posobie* [High performance sport: theory and methodology: study guide]. Moscow: Sport; 2018. 320 (in Russian).
2. Ganapol'skiy V.P., Matytsin V.O., P.V. Rodichkin, A.V. Yakovlev Povyshenie fizicheskoy rabotosposobnosti sportsmenov na osnove interval'noy gipoksicheskoy trenirovki [Benefits of interval hypoxic training for physical progress and endurance]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*. 2019; 10: 18–20 (in Russian).
3. Ventura N., Hoppeler H., R. Seiler R., Binggeli A., Mullis P., Vogt M. The response of trained athletes to six weeks of endurance training in hypoxia or normoxia. *Int. J. Sports Med*. 2003; 24 (3): 166–172.
4. Grushin A.A., Nageykina S.V. Ispol'zovanie usloviy srednegor'ya v podgotovke vysokokvalifitsirovannykh lyzhnits-gonshchits k krupneyshim mezhdunarodnym sportivnym sorevnovaniyam [Elite female cross-country skiers' training for major international sport competitions in middle altitude areas]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*. 2016; 5: 66–69 (in Russian).

5. Iordanskaya F.A. *Gipoksiya v trenirovke sportsmenov i faktory, povyshayushchie ee effektivnost'* [Hypoxia in training athletes and factors increasing its efficacy]. Moscow: Sovetskiy sport; 2015. 157 (in Russian).
6. Shlyk N.I., Alabuzhev A.E., Nikolaev Yu.S. Opredelenie funktsional'noy gotovnosti begunov-stayerov i srednevikov k ezhdnevnyim trenirovochnym nagruzkam v usloviyakh srednegor'ya [Middle- and long-distance runners' functionality test in daily middle altitude training]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*. 2018; 12: 45–48 (in Russian).
7. Erlikh V.V., Isaev A.P., Romanov Yu.N., Epishev V.V., Korableva Yu.B. Differentsirovannaya otsenka obmennykh protsessov pri akklimatizatsii v srednegor'e kvalifitsirovannykh begunov na srednie distantsii [Differentiated assessment of metabolic processes at mid-altitude acclimatization of skilled middle distance runners]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*. 2016; 3: 14–16 (in Russian).
8. Myakinchenko E.B., Kryuchkov A.S., Shestakov M.P. Nekotorye aspekty ispol'zovaniya usloviy gipoksii v trenirovochnom protsesse sportsmenov zimnikh tsiklicheskikh vidov [Role of hypoxia while training winter sport athletes]. *Vestnik sportivnoy nauki*. 2016; 5: 22–28 (in Russian).
9. Mosin I.V., Esaulov M.N., Mosina I.N. Optimizatsiya trenirovochnoy nagruzki begunov na srednie distantsii v usloviyakh srednegor'ya [Middle-distance runners' middle-altitude training process management mode]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*. 2018; 10: 85–88 (in Russian).
10. Timushkin A.V. *Vliyaniye na organizm prebyvaniya i trenirovki sportsmenov v gorakh. Ekoprofilaktika, ozdorovitel'nye i sportivno-trenirovochnye tekhnologii* [Impact of stay and training in the mountains on athletes' status]: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Proceedings of Research-to Science International Conference]. Saratov: Saratovskiy istochnik; 2015: 193–197 (in Russian).
11. Myakinchenko E.B., Kryuchkov A.S., Dudko G.A., Dikunets M.A., Myakinchenko P.E. Dinamika i razlichiya biokhimicheskogo profilya sportsmenov v razlichnykh fazakh srednegornoy podgotovki otnositel'no trenirovki na urovne morya [Dynamics and differences of biochemical profile of athletes in various phases of middle mountain training compared to sea level training]. *Chelovek. Sport. Meditsina*. 2019; 19 (4): 7–13 (in Russian).
12. Shlyk N.I., Alabuzhev A.E., Shumikhina I.I. Individual'nyy podkhod k analizu trenirovochnogo protsessa po dannym variabel'nosti serdechnogo ritma u legkoatletov-begunov v usloviyakh srednegor'ya [Individual approach to training process analysis based on heart rate variability data of track athletes in middle altitude conditions]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*. 2017; 1: 15–18 (in Russian).
13. Filippov M.M., Balykin M.V., Il'in V.N., Portnichenko V.I., Evtushenko A.L. Sravnitel'naya kharakteristika gipoksii, razvivayushcheysya pri myshechnoy deyatel'nosti i gipoksicheskoy gipoksii v gorakh [Comparative characteristics of hypoxia development during muscular activity and hypoxic hypoxia in the mountains]. *Ulyanovskiy mediko-biologicheskii zhurnal*. 2014; 4: 86–6 (in Russian).
14. Khodae M., Grothe H.L., Seyfert J.H., VanBaak K. Athletes at high altitude. *Sports Health*. 2016; 8 (2): 126–132.
15. Bonetti D.L., Hopkins W.G. Sea-level exercise performance following adaptation to hypoxia: a meta-analysis. *Sports Med*. 2009; 39 (2): 107–127.
16. Zarif'yan A.G., Bebinov E.M., Bogolyubov V.V., Shcherbak L.V. Nekotorye osobennosti dinamiki elementov krasnoy krovi cheloveka i zhivotnykh v protsesse gornoy readaptatsii [Peculiarities of red blood elements dynamics in humans and animals during mountain readaptation]. *Vestnik Kyrgyzsko-Rossiyskogo slavyanskogo universiteta*. 2014; 14 (4): 76–79 (in Russian).
17. Sperlich B., Achtzehn S., de Marees M. Load management in elite German distance runners during 3-weeks of high-altitude training. *Physiol. Rep*. 2016; 4 (12): e12845.
18. Balykin M.V., Karkobatoev Kh.D. Sistemnye i organnye mekhanizmy kislorodnogo obespecheniya organizma v usloviyakh vysokogor'ya [Systemic and organ mechanisms of oxygen body supply in the middle mountains]. *Rossiyskiy fiziologicheskii zhurnal im. I.M. Sechenova*. 2012; 98 (1): 127–136 (in Russian).
19. Filipchenko E.G., Abdumalikova I.A., Zakharov G.A. Sostoyaniye elektrolitnogo gomeostaza pri kompensatornoy giperfunktsii i gipertrofii serdtsa na raznykh gornykh vysotakh [Electrolyte homeostasis status in case of compensatory hyperfunction and cardiac hypertrophy at different mountain altitudes]. *Vestnik Kyrgyzsko-Rossiyskogo slavyanskogo universiteta*. 2019; 19 (14): 56–59 (in Russian).
20. Quindry J., Dumke C., Slivka D., Ruby B. Impact of extreme exercise at high altitude on oxidative stress in humans. *J. Physiol*. 2016. 594; 18: 5093–5104.
21. Semenza G.L., Nejfelt M.K., Chi S.M., Antonarakis S.E. Hypoxia-inducible nuclear factors bind to an enhancer element located 3' to the human erythropoietin gene. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 1991; 88: 5680–5684.

22. Semenza G. Dynamic regulation of stem cell specification and maintenance by hypoxia-inducible factors. *Mol. Aspects Med.* 2016; 47–48: 15–23.
23. Samanta D., Prabhakar N., Semenza G. Systems biology of oxygen homeostasis. Wiley Interdiscip. *Rev. Syst. Biol. Med.* 2017; 9 (4): 1–15.
24. Semenza G. Hypoxia-inducible factors in physiology and medicine. *Cell.* 2012; 148 (3): 399–408.

Received 12 February 2020; accepted 06 May 2020.

Information about the authors

Timushkin Aleksandr Vladimirovich, Doctor of Sciences (Pedagogy), Professor, Dean of the Faculty of Physical Culture and Life Safety, Saratov State University. 412309, Russia, Saratov region, Balashov, Karl Marx Street, 19; e-mail: timushkin-box@rambler.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1051-2790>.

Antipov Igor' Viktorovich, Candidate of Sciences (Biology), Associate Professor, Chair of Adaptive Physical Culture, Ulyanovsk State University. 432017, Russia, Ulyanovsk, Lev Tolstoy Street, 42; e-mail: antipov@yandex.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5145-5556>.

Popov Andrey Vladimirovich, Candidate of Sciences (Pedagogy), Associate Professor, Chair of Physical Culture and Sports, Saratov State University. 412309, Russia, Saratov region, Balashov, Karl Marx Street, 19; e-mail: and26175475@yandex.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1719-8722>.

Talagaeva Yuliya Aleksandrovna, Lecturer, Department of Foreign Languages, Zhukovsky – Gagarin Air Force Academy. 394064, Russia, Voronezh, Starye Bol'sheviki Street, 54a; e-mail: talag-yulia@yandex.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9519-958X>.

Balykin Mikhail Vasil'evich, Doctor of Sciences (Biology), Professor, Head of the Chair of Adaptive Physical Culture, Ulyanovsk State University. 432017, Russia, Ulyanovsk, Lev Tolstoy Street, 42; e-mail: balmv@yandex.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2086-4581>.

For citation

Timushkin A.V., Antipov I.V., Popov A.V., Talagaeva Yu.A., Balykin M.V. Vliyanie aktivnogo otdykh v srednegor'e na funktsional'noe sostoyanie organizma sportsmenov [Impact of outdoor activities in the middle mountains on athletes' functional status]. *Ul'yanovskiy mediko-biologicheskii zhurnal.* 2020; 2: 112–122. DOI: 10.34014/2227-1848-2020-2-112-122 (in Russian).