



БІАЛОГІЯ

УДК 577.34:59

Влияние предварительной гипобароадаптации на организм экспериментальных животных при их радиационном поражении

И.М. Прищепа, О.Н. Малах

Учреждение образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова»

Известно, что гипоксия обладает перекрестным протекторным эффектом, однако практически отсутствуют сведения об использовании данного эффекта для снижения тяжести радиационного воздействия на организм.

Цель исследования – анализ динамики биохимических показателей крови крыс после предварительной гипобароадаптации при радиоактивном воздействии.

Материал и методы. Эксперимент проведен на взрослых белых беспородных крысах массой 150–200 г. Гипобароадаптация осуществлялась в барокамере на высоте 6000 м над уровнем моря. В 1-й день длительность сеанса адаптации составляла 10 мин, на 2-й – 20, на 3-й – 30 мин, 4–5-й – перерыв, на 6-й – 10 мин, на 7-й – 20 мин, на 8-й – 30 мин. Экспериментальным радиоактивным воздействием было однократное гамма-облучение в дозе 1Гр (мощность облучения 3,24 Гр в час) при помощи установок «Агат-Р». У животных проводили лабораторное исследование (биохимический и гематологический анализ крови).

Результаты и их обсуждение. Было установлено, что при гипоксическом и радиоактивном воздействии активируется обратный транспорт холестерина и снижается активность прямого. Предварительный курс бароадаптации при радиоактивном воздействии вызывает достоверное повышение уровня общего белка на 9,3%, альбумина на 5,2% и активности щелочной фосфатазы в 1,5 раза в крови экспериментальных животных. Вместе с тем кислородная емкость крови после предварительного курса гипобароадаптации больше, так как на 2,1% были выше показатели средней концентрации гемоглобина, по сравнению с неадаптированными животными. Средний объем тромбоцита оставался в пределах нормы после предварительной адаптации к гипоксии. Предварительная адаптация к гипоксии приводит к изменению лейкоцитарной формулы, которое характеризуется понижением уровня лимфоцитов на 8% и повышением уровня гранулоцитов на 23,3%. Имела место тенденция к нормализации содержания моноцитов и лейкоцитов.

Заключение. Предварительная адаптация к гипобарической гипоксии снижает выраженность метаболических и гематологических изменений у крыс после радиационного воздействия, что достоверно отличается от таковых показателей у животных, подвергшихся радиационному воздействию без предварительной гипобароадаптации.

Ключевые слова: гипобарическая гипоксия, радиационное поражение, экспериментальные животные.

Impact of Preliminary Hypobaroadaptation on Organisms of Experimental Radioactively Contaminated Animals

I.M. Prishchepa, O.N. Malakh

Educational Establishment «Vitebsk State P.M. Masherov University»

Hypoxia is known to have cross project effect. However there are practically no data on applying this effect to reduce the severity of radioactive impact on the organism.

The purpose of the article is analysis of the dynamics of biochemical parameters of rat blood after preliminary hypobaroadaptation during radioactive impact.

Material and methods. *The experiment was conducted on adult white non-breed 150–200 gram rats. Hypobaroadaptation was in a barocabinet at the height of 6000 meters above sea level. On the 1-st day the length of the adaptation session was 10 min, on the 2-nd – 20, on the 3-rd – 30 minutes, the 4–5-th was the break, on the 6-th – 10 min, on the 7-th – 20 min, on the 8-th – 30 min. Single Gamma radiation of 1Gr (radiation power was 3,24 Gr an hour) at «Agath-R» apparatus was the experimental radioactive impact. The animals were examined at the laboratory (biochemical and hematological blood analyses).*

Findings and their discussion. *It was found out that hypoxic and radioactive impacts activate reverse transport of cholesterol and reduce the activity of the direct one. A preliminary course of baroadaptation, with radioactive impact, causes reliable 9,3% increase in the level of general protein, 5,2% of albumin and 1,5 times of active alkaline phosphatase in the blood of experimental animals. At the same time, oxygen capacity of blood after a preliminary course of hypobaroadaptation is higher as the parameters of average concentration of hemoglobin is 2,1% higher compared to the non-adapted animals. The average level of thrombocyte remained within the norm after preliminary adaptation to hypoxia. Preliminary adaptation to hypoxia leads to changes in leukocyte formula which is characterized by 8% decrease in the level of lymphocytes and 23,3% increase in the level of granulocytes. A tendency of normalization of the content of monocytes and leucocytes took place.*

Conclusion. *Preliminary adaptation to hypobaric hypoxia decreases prominence of rats' metabolic and hematologic transformations after radioactive impact, which reliably differs from such parameters of animals treated with radioactive impact without preliminary hypobaroadaptation.*

Key words: *hypobaric hypoxia, radioactive contamination, experimental animals.*

Радиация играет огромную роль в развитии общества. Благодаря явлению радиоактивности был совершен существенный прорыв в области медицины, в различных отраслях промышленности, включая энергетику. Но одновременно с этим стали проявляться негативные стороны свойств радиоактивных элементов [1]. И чем больше становилось известно о действии радиации на человеческий организм и окружающую среду, тем противоречивее становились мнения о том, насколько большую роль должна играть радиация в различных сферах человеческой деятельности. В настоящее время накоплен большой объем знаний о последствиях облучения человека.

Является общепризнанным факт возможности защиты организма животных от действия ионизирующей радиации с помощью фармакохимических защитных средств [2]. Вместе с тем единого мнения нет в отношении возможности защиты от радиационного поражения организма человека.

В литературе имеются работы, в которых указывается на положительный эффект различных радиопротекторов при гамматерапии онкологических больных [3; 4]. Наряду с этим имеются публикации, в которых сообщается о полной неэффективности радиопротекторов в клинике [3]. В связи с этим возникает проблема поиска средств противолучевой защиты человека. В последнее время значительное внимание стало уделяться давно известному феномену, в свое время обеспечившему первое радиомодифицирующее действие, – кислородному эффекту. Проявляется значительное снижение биологического воздействия ионизирующего излучения под влиянием общей гипоксии [5; 6].

Таким образом, следует отметить протекторный эффект гипоксии при радиоактивном поражении организма, однако практически отсутствуют сведения о применении гипобарической гипоксии при данном воздействии. В связи с этим целью настоящего исследования был анализ динамики биохимических показателей крови крыс после предварительной гипобароадаптации при радиоактивном воздействии.

Материал и методы. Эксперимент проведен на взрослых белых беспородных крысах массой 150–200 г, которые были разделены на 4 группы: 1-я группа – контрольные животные; 2-я группа – подопытные, адаптированные в течение 6 дней в барокамере на высоте 6000 м над уровнем моря к действию гипоксии; 3-я группа – подопытные животные, подвергшиеся радиоактивному воздействию;

4-я группа – подопытные, адаптированные в течение 6 дней в барокамере на высоте 6000 м над уровнем моря к действию гипоксии и на 7-й день подвергшиеся радиоактивному воздействию.

Гипобароадаптация осуществлялась в барокамере на высоте 6000 м над уровнем моря. В 1-й день длительность сеанса адаптации составляла 10 мин, на 2-й – 20, на 3-й – 30 мин, 4–5-й – перерыв, на 6-й – 10 мин, на 7-й – 20 мин, на 8-й – 30 мин.

Экспериментальным радиоактивным воздействием было однократное гамма-облучение в дозе 1Гр (мощность облучения 3,24 Гр в час) при помощи установки «Агат-Р».

У животных проводили лабораторное исследование (биохимический анализ крови), который включал следующие показатели: общий холестерин (ХС, ммоль/л), холестерин липопротеина высокой плотности (ХС-ЛПВП, ммоль/л), холестерин липопротеина низкой плотности (ХС-ЛПНП, ммоль/л), триглицериды (ТГ, ммоль/л), индекс атерогенности липидов (ИАЛ), общий белок (г/л), альбумин (г/л), аланинаминотрансфераза (АЛТ, Е/л), аспартатаминотрансфераза (АСТ, Е/л), гамма-глутаматаминотрансфераза (ГГТ, Е/л), щелочная фосфатаза (ЩФ, Е/л).

Результаты и их обсуждение. Радиоактивное воздействие (табл. 1) вызывало повышение ХС в сыворотке крови на 25,4% и ХС-ЛПНП по сравнению с аналогичным показателем у адаптированных крыс на высоте 6000 м ($p<0,01$). Содержание ХС-ЛПВП после радиоактивного воздействия было аналогично показателю у крыс, адаптированных к гипоксическому воздействию. Уровень ТГ у животных после радиоактивного воздействия понизился на 56% ($p<0,01$) по сравнению с группой, адаптированной к гипобарической гипоксии на высоте 6000 м.

Предварительная бароадаптация вызывала нормализацию уровня ХС сыворотки, уменьшая уровень ХС-ЛПНП на 35% и увеличивая на 41% ХС-ЛПВП. Следует отметить, что различия данного показателя между животными, прошедшими адаптацию к гипоксии, и крысами, подвергшимися радиоактивному воздействию, являются недостоверными. Таким образом, при гипоксическом и радиоактивном воздействии активируется обратный транспорт холестерина и снижается активность прямого. Предварительная гипобароадаптация при радиоактивном воздействии способствует нормализации уровня ХС.

Радиоактивное воздействие вызывало достоверное понижение уровня общего белка до $61,7\pm1,52$ г/л (табл. 1). Вместе с тем одновременно происходило и достоверное понижение уровня альбумина на 18,6% и 4,6% по сравнению с аналогичным показателем в контроле и группой после курса гипобароадаптации на высоте 6000 м. Применение предварительной адаптации к гипоксическому воздействию при радиоактивном воздействии вызывало изменение показателей белоксинтетической функции печени (табл. 1). Отмечалась тенденция к понижению уровня общего белка на 3,5% и альбумина на 14% ($p<0,05$). Возможно, это связано с тем, что предварительная адаптация к гипоксии способствует сохранению структур, ответственных за биосинтез белка. Одновременно имела место тенденция к повышению показателя общего белка на 9,3% по сравнению с группой неадаптированных животных, что может быть связано с тем, что радиоактивное воздействие приводит к первичному усилению синтеза РНК, возможно, участвующих в синтезе белков внеклеточного матрикса и белков-ферментов, необходимых для репликации. Уровень альбумина в сыворотке крови после предварительной адаптации к гипоксии повысился на 5,2% по сравнению с неадаптированными животными.

Таблица 1

Влияние адаптации к гипоксии и радиоактивного воздействия на липидный и белковый обмены

Показатель	Группа 1 (контроль) n=38	Группа 2 n=38	Группа 3 n=38	Группа 4 n=38
ХС, ммоль/л	1,75±0,06	1,22±0,07	1,53±0,05	1,68±0,07
ХС-ЛПВП, ммоль/л	0,75±0,02	0,88±0,06	0,88±0,05	1,06±0,08
ХС-ЛПНП, ммоль/л	0,8±0,06	0,02±0,002	0,34±0,04	0,28±0,05
Триглицериды, ммоль/л	0,3±0,01	1,18±0,13	0,67±0,06	0,77±0,04
ИАЛ	1,3±0,07	0,41±0,04	0,71±0,07	0,62±0,08
Белок общий (г/л)	69,9±0,6	66,14±0,6	61,7±1,52	67,44±1,86
Альбумин (г/л)	28,02±0,3	23,9±0,44	22,8±0,4	23,99±0,5

Примечание. Достоверность различий по соответствующим показателям между группами представлена в табл. 2.

Таблица 2

Достоверность различий показателей липидного и белкового обменов

Достоверность различий показателей липидного обмена					
Группы	ХС	ХС-ЛПВП	ХС-ЛПНП	Триглицериды	ИАЛ
1–2	$p<0,001$	$p<0,05$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p<0,001$
1–3	$p<0,01$	$p<0,05$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p<0,001$
1–4	$p>0,05$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p<0,001$	$p<0,001$
2–3	$p<0,01$	$p>0,05$	$p<0,001$	$p<0,01$	$p<0,01$
2–4	$p<0,001$	$p<0,05$	$p<0,001$	$p<0,01$	$p<0,05$
3–4	$p>0,05$	$p>0,05$	$p>0,05$	$p>0,05$	$p>0,05$
Достоверность различий показателей белкового обмена					
Группы	Общий белок			Альбумин	
1–2	$p<0,05$			$p<0,05$	
1–3	$p<0,001$			$p<0,001$	
1–4	$p>0,05$			$p<0,01$	
2–3	$p<0,05$			$p>0,05$	
2–4	$p>0,05$			$p>0,05$	
3–4	$p<0,05$			$p>0,05$	

Таким образом, предварительный курс бароадаптации при радиоактивном воздействии вызывает увеличение белосинтетической функции печени.

Радиоактивное воздействие не вызвало достоверного повышения АЛТ по сравнению с контролем (табл. 3). Следует отметить, что активность данного показателя была выше по сравнению с группой адаптированных к гипоксии животных в 1,8 раза. Вместе с тем выявлено достоверное снижение активности АСТ в 1,2 раза и 1,5 раза по сравнению с контролем и животными, адаптированными к гипоксии соответственно. Уровень ферментов холестаза, а именно ГГТ и ЩФ, после радиоактивного воздействия повышается. Так, активность ГГТ достоверно увеличилась в 1,7 раза. При сравнении активности аналогичного показателя в группе животных после курса бароадаптации также было выявлено ее повышение. Одновременно происходило достоверное увеличение в 2,5 раза и 1,5 раза активности ЩФ по сравнению с контролем и группой крыс, адаптированных к гипоксии на высоте 6000 м. Отношение АЛТ к АСТ в сыворотке крови животных, прошедших предварительный курс гипобароадаптации, составило 1:2, т.е. выявлено преобладание активности АСТ. Аналогичное соотношение наблюдалось и в группе крыс, подвергшихся радиоактивному воздействию. В группе животных, прошедших предварительную адаптацию к гипоксии при радиоактивном поражении, отношение ГГТ к ЩФ составило 1:58. Данное отношение указывало на преобладание активности ЩФ. Характер поражения печени после радиоактивного воздействия соответствует цитолитической картине ее поражения (1,5). Для животных, прошедших предварительную гипобароадаптацию, степень цитолитического поражения печени была практически аналогичной (1,46). Влияние адаптации к гипоксии на высоте 6000 м и радиоактивного воздействия на показатели, характеризующие синдром цитолиза, сходны: повышение уровня АЛТ, но при этом содержание АСТ снижается.

Таблица 3

Влияние адаптации к гипоксии и радиоактивного воздействия на динамику показателей, характеризующих синдром цитолиза и холестаза

Показатель	Группа 1 (контроль) n=38	Группа 2 n=38	Группа 3 n=38	Группа 4 n=38
АСТ, Е/л	257,3±11	235,35±14,17	174,9±9,2	179,0±11,8
АЛТ, Е/л	68,6±1,6	131,91±18,98	72,85±7,09	87,3±10,6
ГГТ, Е/л	4,1±0,2	7,22±0,8	4,55±0,6	5,57±1,18
ЩФ, Е/л	181,7±9,9	454,4±27,1	295,33±40,6	348,7±35,8

Примечание. Достоверность различий по соответствующим показателям между группами представлена в табл. 4.

Таблиця 4

Достоверность различий показателей, характеризующих синдром цитолиза и холестаза

Группы	АЛТ	АСТ	ГГТ	ЩФ
1–2	p<0,01	p>0,05	p<0,001	p<0,001
1–3	p>0,05	p<0,001	p>0,05	p<0,01
1–4	p<0,05	p<0,001	p>0,05	p<0,001
2–3	p<0,01	p<0,01	p<0,05	p<0,01
2–4	p<0,05	p<0,01	p>0,05	p<0,05
3–4	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05

Таблиця 5

Влияние адаптации к гипоксии и токсического воздействия на эритроциты крови крыс

Показатель	Группа 1 (контроль) n=38	Группа 2 n=38	Группа 3 n=38	Группа 4 n=38
Эритроциты, $10^{12}/л$	7,7±0,1	8,4±0,4	7,56±0,6	7,2±0,8
Среднеклеточный объем эритроцита, фл	46,9±0,4	44,42±0,72	45,66±1,25	43,8±1,01
Ширина распределения эритроцитов, %	15,5±0,2	18,02±0,62	16,8±0,3	15,5±0,8
Абсолютная ширина распределения эритроцитов, фл	34,6±0,4	37,83±1,12	38,19±1,3	34,8±0,8
Гематокрит, %	36,1±0,6	37,28±1,78	34,31±2,5	28,0±4,16
Концентрация гемоглобина, г/л	124,1±1,9	128,2±5,79	122,6±8,6	104,6±13,9
Среднеклеточный гемоглобин, пг	16,1±0,1	15,32±0,25	16,36±0,4	16,1±0,55
Средняя концентрация гемоглобина, г/л	343,9±0,9	345±2,6	358,8±2,98	367,3±6,74

Примечание. Достоверность различий по соответствующим показателям между группами представлена в табл. 6.

Таблиця 6

Достоверность различий изменений эритроцитов в крови животных

Показатель	Группы					
	1–2	1–3	1–4	2–3	2–4	3–4
Эритроциты, $10^{12}/л$	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05
Среднеклеточный объем эритроцита, фл	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p>0,05	p>0,05	p>0,05
Ширина распределения эритроцитов, %	p<0,001	p<0,001	p>0,05	p>0,05	p<0,05	p>0,05
Абсолютная ширина распределения эритроцитов, фл	p<0,01	p<0,05	p>0,05	p>0,05	p<0,05	p<0,05
Гематокрит, %	p>0,05	p>0,05	p<0,05	p>0,05	p<0,05	p>0,05
Концентрация гемоглобина, г/л	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05
Среднеклеточный гемоглобин, пг	p<0,01	p>0,05	p>0,05	p<0,05	p>0,05	p>0,05
Средняя концентрация гемоглобина, г/л	p>0,05	p<0,001	p<0,01	p<0,01	p<0,001	p>0,05

Радиоактивное воздействие не вызывало достоверных значительных изменений содержания эритроцитов в крови по сравнению с контролем и группой животных, прошедших курс бароадаптации (табл. 5). Одновременно произошло статистически достоверное уменьшение среднеклеточного

объема эритроцита до $45,66 \pm 1,25$ фл, что было ниже показателя контрольной группы на 3%, а адаптированных к воздействию гипоксии крыс на высоте 6000 м на 2,8% соответственно. Вместе с тем показатель ширины распределения эритроцитов был выше по сравнению с контрольными животными и крысами, прошедшими курс бароадаптации, соответственно на 8,4% и 6,7% (6000 м). Следует отметить, что показатель абсолютной ширины распределения эритроцитов возрос на 10,4%. Однако различия данного показателя у животных с радиоактивным поражением и крысами, адаптированными к гипоксии, недостоверны. Наряду с уменьшением средноклеточного объема эритроцита отмечен рост показателя средней концентрации гемоглобина.

Таким образом, при адаптации к гипоксии на высоте 6000 м и радиоактивном воздействии имеет место тенденция к повышению концентрации гемоглобина за счет увеличения количества эритроцитов.

Влияние предварительной адаптации к гипоксии при радиоактивном воздействии на показатели эритроцитарного ряда показано в табл. 5. Предварительная бароадаптация при сравнении с неадаптированными животными не вызвала достоверных изменений таких показателей, как количество эритроцитов, средноклеточный объем эритроцита, абсолютная ширина распределения эритроцитов. Вместе с тем кислородная емкость крови после предварительного курса гипобароадаптации больше, так как на 2,1% были выше показатели средней концентрации гемоглобина, по сравнению с неадаптированными животными. Влияние адаптации к гипоксическому воздействию и радиационного поражения на изменения тромбоцитов крови отражено в табл. 7. Количество тромбоцитов после радиационного воздействия колебалось в пределах $324,8 \cdot 10^9/\text{л}$ – $473,2 \cdot 10^9/\text{л}$, что было выше, чем в контроле, и после курса бароадаптации на высоте 6000 м. У животных третьей группы не было резко выраженного увеличения среднего объема тромбоцита по сравнению с контролем. Различия показателей – ширина распределения тромбоцитов, компонентный объем тромбоцита и процентное содержание больших тромбоцитов – не были достоверны при сравнении с аналогичными показателями у животных, адаптированных к воздействию гипоксии.

Таким образом, влияние адаптации к гипоксии и радиационного воздействия на показатели тромбоцитарного ряда незначительно.

Изменения показателей тромбоцитарного ряда после предварительной адаптации к гипоксии при радиационном воздействии представлены в табл. 7. Применение предварительной гипобароадаптации привело к понижению количества тромбоцитов на 47,5%, что способствовало снижению компонентного объема тромбоцита на 44% (выявлена высокая степень корреляции между данными показателями, $r=+0,99$ $p<0,05$). Вместе с тем средний объем тромбоцита оставался в пределах нормы после предварительной адаптации к гипоксии. Колебания величин таких показателей, как средний объем тромбоцита и ширина распределения тромбоцитов, у предварительно адаптированных животных при сравнении с неадаптированными не являются достоверными.

Таблица 7

Влияние адаптации к гипоксии и радиоактивного воздействия на тромбоциты крови крыс

Показатель	Группа 1 (контроль) n=38	Группа 2 n=38	Группа 3 n=38	Группа 4 n=38
Тромбоциты, $10^9/\text{л}$	$363,9 \pm 38,9$	$397,4 \pm 69,9$	$399 \pm 74,2$	$172,9 \pm 57,3$
Средний объем тромбоцита, фл	$6,97 \pm 0,03$	$6,71 \pm 0,06$	$6,61 \pm 0,05$	$6,4 \pm 0,2$
Ширина распределения тромбоцитов, фл	$9,45 \pm 0,07$	$9,05 \pm 0,16$	$8,81 \pm 0,08$	$8,8 \pm 0,31$
Компонентный объем тромбоцита, %	$0,25 \pm 0,03$	$0,26 \pm 0,05$	$0,26 \pm 0,05$	$0,11 \pm 0,02$
Большие тромбоциты, %	$11,2 \pm 0,2$	$9,65 \pm 0,45$	$10,4 \pm 0,47$	$8,4 \pm 0,63$

Примечание. Достоверность различий по соответствующим показателям между группами представлена в табл. 8.

Таблица 8

Достоверность различий изменений тромбоцитов в крови животных

Показатель	Группы					
	1–2	1–3	1–4	2–3	2–4	3–4
Тромбоциты, $10^9/\text{л}$	$p>0,05$	$p>0,05$	$p<0,01$	$p>0,05$	$p<0,05$	$p<0,05$
Средний объем тромбоцита, фл	$p<0,001$	$p<0,001$	$p<0,01$	$p>0,05$	$p>0,05$	$p>0,05$
Ширина распределения тромбоцитов, фл	$p<0,05$	$p<0,001$	$p<0,05$	$p>0,05$	$p>0,05$	$p>0,05$
Компонентный объем тромбоцита, %	$p>0,05$	$p>0,05$	$p<0,01$	$p>0,05$	$p<0,01$	$p<0,01$
Большие тромбоциты, %	$p<0,01$	$p<0,05$	$p<0,001$	$p>0,05$	$p>0,05$	$p<0,05$

Таким образом, предварительная бароадаптация при радиационном воздействии приводит к снижению содержания тромбоцитов в крови и их компонентного объема.

Влияние адаптации к гипоксии на лейкоциты крови крыс отражено в табл. 9. У животных после радиационного воздействия не было выявлено достоверных различий показателей лейкоцитарной формулы с аналогичными показателями в контрольной группе. Таким образом, режим адаптации к гипоксии на высоте 6000 м приводит к увеличению содержания лейкоцитов, в отличие от радиационного воздействия данной дозы. Вместе с тем во всех случаях наблюдается сдвиг лейкоцитарной формулы в сторону относительного лимфоцитоза.

Таблица 9

Влияние адаптации к гипоксии и радиоактивного воздействия на лейкоциты крови крыс

Показатель	Группа 1 (контроль) n=38	Группа 2 n=38	Группа 3 n=38	Группа 4 n=38
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	$14,5\pm0,8$	$25,56\pm3,85$	$15,89\pm2,2$	$11\pm1,7$
Лимфоциты, $10^9/\text{л}$	$7,4\pm0,1$	$8,7\pm0,5$	$9,9\pm3,25$	$6,5\pm0,03$
Гранулоциты, $10^9/\text{л}$	$9\pm0,1$	$5,25\pm0,35$	$9,2\pm2,7$	$11,7\pm0,5$
Моноциты, $10^9/\text{л}$	$1,5\pm0,1$	$1,4\pm0,03$	$1,5\pm0,3$	$1,55\pm0,05$
Лимфоциты, %	$41,4\pm0,1$	$56,55\pm0,15$	$47,3\pm11,2$	$32,8\pm0,12$
Гранулоциты, %	$50,3\pm0,2$	$34,45\pm0,22$	$45,4\pm10,3$	$59,95\pm0,05$
Моноциты, %	$8,3\pm0,2$	$9\pm0,4$	$7,4\pm0,94$	$7,4\pm0,06$

Примечание. Достоверность различий по соответствующим показателям между группами представлена в табл. 10.

Таблица 10

Достоверность различий изменений лейкоцитов в крови животных

Показатель	Группы					
	1–2	1–3	1–4	2–3	2–4	3–4
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	$p<0,01$	$p>0,05$	$p>0,05$	$p<0,05$	$p<0,01$	$p>0,05$
Лимфоциты, $10^9/\text{л}$	$p<0,05$	$p>0,05$	$p<0,001$	$p>0,05$	$p<0,001$	$p>0,05$
Гранулоциты, $10^9/\text{л}$	$p<0,001$	$p>0,05$	$p<0,001$	$p>0,05$	$p<0,001$	$p>0,05$
Моноциты, $10^9/\text{л}$	$p>0,05$	$p>0,05$	$p>0,05$	$p>0,05$	$p<0,05$	$p>0,05$
Лимфоциты, %	$p<0,001$	$p>0,05$	$p<0,001$	$p>0,05$	$p<0,001$	$p>0,05$
Гранулоциты, %	$p<0,001$	$p>0,05$	$p<0,001$	$p>0,05$	$p<0,001$	$p>0,05$
Моноциты, %	$p>0,05$	$p>0,05$	$p<0,001$	$p>0,05$	$p<0,001$	$p>0,05$

Влияние предварительной адаптации к гипоксии на лейкоциты крови крыс после радиоактивного воздействия отражено в табл. 9. Так, в крови крыс, предварительно адаптированных к гипоксии, а затем подвергшихся радиационному воздействию, не обнаружено статистически достоверное понижение уровня лейкоцитов по сравнению с контролем. Предварительная адапта-

ция к гипоксии приводит к изменению лейкоцитарной формулы, которое характеризуется понижением уровня лимфоцитов на 8% и повышением уровня гранулоцитов на 23,3%. Имела место тенденция к нормализации содержания моноцитов. Применение предварительной адаптации к гипоксии при радиационном воздействии приводит к снижению уровня лимфоцитов и моноцитов в отличие от неадаптированных животных. Отношение моноциты:гранулоциты:лимфоциты в группе животных, прошедших предварительную адаптацию к гипоксии, а затем подвергшихся радиационному воздействию, характеризовалось понижением содержания лимфоцитов и моноцитов, а также повышением уровня гранулоцитов и составило 1,4:1,3:1, в отличие от животных с радиоактивным поражением, где наблюдалось увеличение лимфоцитов и уменьшение гранулоцитов. Соотношение процентного содержания данных показателей (лимфоциты, гранулоциты, моноциты) составляет 4,4:8,1:1, а в контроле и группе животных после радиоактивного поражения – 4,99:6,1:1 и 6,4:6,1:1 соответственно.

Таким образом, предварительная гипобароадаптация при радиоактивном воздействии способствует нормализации уровня лейкоцитов в крови экспериментальных животных и вызывает сдвиг лейкоцитарной формулы в сторону повышения гранулоцитов и понижения лимфоцитов.

Заключение. Предварительная адаптация к гипобарической гипоксии снижает выраженность метаболических и гематологических изменений у крыс после радиационного воздействия, что достоверно отличается от таковых показателей у животных, подвергшихся радиационному воздействию без предварительной гипобароадаптации, и проявляется в нормализации уровня общего холестерина, увеличении белоксинтетической функции печени, а также повышении концентрации гемоглобина, нормализации уровня лейкоцитов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лисичкин, В.А. Закат цивилизации, или Движение к ноосфере (экология с разных сторон) / В.А. Лисичкин. – М.: ИЦ-Гарант, 1997. – 352 с.
2. Пикалова, Л.В. Экспериментальное исследование цитопротективного действия мелатонина при радиационном воздействии / Л.В. Пикалова // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2011. – № 7. – С. 83–85. – Т. 152.
3. Стрелков, Р.Б. Прерывистая нормобарическая гипоксия в профилактике, лечении и реабилитации / Р.Б. Стрелков, А.Я. Чижов. – Екатеринбург: Уральский рабочий, 2001. – 400 с.
4. Скалецкий, Ю.М. Проблемы використання радіозахисних препаратів / Ю.М. Скалецкий // Довкілля та здоров'я. – 2010. – № 4. – С. 53–57.
5. Буйков, В.А. Динамика патопсихологических показателей соматоморфных расстройств у лиц, проживающих в радиационно загрязненных и чистых районах на Южном Урале, в процессе терапии методом адаптации к периодической гипобарической гипоксии / В.А. Буйков, И.А. Петуров, В.В. Колмогоров // Социальная и клиническая психиатрия. – 2005. – № 2. – С. 67–72.
6. Хайцев, Н.В. Влияние предварительной тренировки к гипоксии на уровень напряжения кислорода в опухоли при ионизирующем облучении / Н.В. Хайцев, А.П. Трашков // Педиатр. – 2012. – № 2. – С. 37–39.

REFERENCES

1. Lisichkin V.A. *Zakat tsivilizatsii ili dvizheniye k noosfere (ekologiya s raznykh storon)* [Civilization «Sunset» or Movement towards Noosphere (Ecology from Different Sides)], M., Its-Grant, 1997, 352 p.
2. Pikalova L.V. *Bulleten eksperimentalnoi biologii i meditsini* [Bulletin of Experimental Biology and Medicine], 2011, 7(152), pp. 83–85.
3. Strelkov R.B., Tchizhov A.Ya. *Prerivistaya normobaricheskaya gipoksiya v profilaktike, lechenii i reabilitatsii* [Broken Normobaric Hypoxia in Prevention, Treatment and Rehabilitation], Yekaterinburg, Uralski rabochi, 2001, 400 p.
4. Skaletski Yu.M. *Dovkillia ta zdoroviya* [Environment and Health], 2010, 4, pp. 53–57.
5. Buikov V.A., Peturov I.A., Kolmogorov V.V. *Sotsialnaya i klinicheskaya psikiatriya* [Social and Clinic Psychiatry], 2005, 2, pp. 67–72.
6. Khaitsev N.V., Trashkov A.P. *Pediatr* [Pediatrician], 2012, 2, pp. 37–39.

Поступила в редакцию 13.01.2017

Адрес для корреспонденции: e-mail: malaholga1@gmail.com – Малах О.Н.