

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЛЕЙКОЦИТОВ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОЙ АДАПТАЦИИ ЖИВОТНЫХ К КЛИМАТОГЕОГРАФИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ ВЫСОКОГОРЬЯ

А.О. Бектурганова, Ж.А. Махмудова, М.Т. Таалайбекова

Кыргызская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева, г. Бишкек, Кыргызская Республика

MORPHOFUNCTIONAL STATE OF LEUKOCYTES DURING SHORT-TERM ADAPTATION OF ANIMALS TO CLIMATIC AND GEOGRAPHICAL CONDITIONS OF HIGH MOUNTAINS

*A.O. Bekturganova, Zh.A. Makhmudova,
M.T. Taalaibekova*

*I.K. Akhunbaev Kyrgyz state medical academy, Bishkek,
Kyrgyzstan*

Сведения об авторах:

Бектурганова Асель Орумбековна (SPIN-код: 6586-7554; ORCID iD: 0000-0002-9330-1544). Место работы и должность: старший преподаватель кафедры биохимии с курсом общей и биоорганической химии им. А.Дж. Джумалиева, Кыргызская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева. Адрес: Кыргызская Республика, г. Бишкек, ул. Ахунбаева 92. Электронная почта: bekturganova1981@inbox.ru

Махмудова Жылдыз Акматовна – д.б.н. (SPIN-код: 5730-7833; ResearcherID: CAF-8415-2022; ORCID iD: 0000-0001-5057-9215). Место работы и должность: заведующая кафедрой биохимии с курсом общей и биоорганической химии им. А.Дж. Джумалиева, Кыргызская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева. Адрес: Кыргызская Республика, г. Бишкек, ул. Ахунбаева 92. Электронная почта: zhyldyz.makhmudova@yandex.com

Таалайбекова Мээрим Таалайбековна – к.б.н. (SPIN-код: 2748-8342; ResearcherID: AFI-6139-2022; ORCID iD: 0000-0002-1115-6233). Место работы и должность: преподаватель кафедры биохимии с курсом общей и биоорганической химии им. А.Дж. Джумалиева, Кыргызская государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева. Адрес: Кыргызская Республика, г. Бишкек, ул. Ахунбаева 92. Телефон: +9-965-509-098-11, электронная почта: meka_0694@mail.ru

В работе представлены данные о сравнительной характеристике состояния органоидов клеток белой крови, характеризующие механизмы приспособления клеток к условиям высокогорья на субклеточном и клеточном уровнях. С использованием электронно-микроскопического метода исследования клеток периферической крови показано, что при аварийной адаптации к условиям высокогорья у экспериментальных животных в клетках белой крови происходит снижение объёмной плотности специфических гранул и рибосом и увеличение объёмной плотности митохондрий, вакуолей и лизосом.

Ключевые слова: высокогорье, адаптация, периферическая кровь, электронная микроскопия

Приспособление человека и животных к изменяющимся условиям внешней среды является одной из главных проблем биологии и медицины. Это связано с освоением высокогорья, космоса, полярных районов планеты.

Адаптация к высокогорью является интегральным процессом, в котором принимают участие в той или иной мере все органы и системы организма. При этом одну из ведущих ролей в борьбе за кислородное обеспечение организма играет система крови. Однако, несмотря на свою очевидную актуальность, данная проблема содержит в себе много нерешённых аспектов, требую-

щих специальных исследований. В частности, остаются мало исследованными особенности динамики состава периферической крови, костномозгового кроветворения, глюкокортикоидной и андрогенной функций надпочечников и иммунного статуса организма [1-6]. В настоящее время особое внимание исследователей привлекают проблемы морфологии и структурной организации обменных процессов, составляющее важнейший объект молекулярной биологии и биохимии. Благодаря развитию этого направления исследователи пытаются связать и объяснить обнаруживаемые структурные изменения в клетке с наруше-

нием процессов обмена. В рамках данной проблемы определённый интерес представляет изучение морфологического состава крови и ультраструктуры лейкоцитов у животных, проходящих адаптацию к высокогорью. С этой целью были проведены исследования морфофункциональных изменений лейкоцитов периферической крови экспериментальных животных в процессе адаптации к условиям высокогорья.

Материалы и методы

Исследования проводились на высокогорной базе Туя-Ашу на высоте 3200 м над уровнем моря, на белых беспородных крысах самцах массой 120-200 гр. Изучены клетки периферической крови у крыс на третьей сутки адаптации в условиях высокогорья. Крысы были разделены на следующие группы: 1 группа – интактные крысы в условиях низкогогорья; 2 группа – крысы на третьей сутки пребывания в условиях высокогорья.

Для электронно-микроскопического исследования использовали свежую кровь, стабилизированную гепарином, которую центрифугировали при 1000 об/мин в течении 10 минут. Выделенная лейкоцитарная плёнка обрабатывалась по общепринятой методике. Фиксацию материала производили немедленно, 2,5% глутаральдегидом на буфере Миллонинга, дофиксацию проводили с использованием 1% раствора тетраоксида осмия (все используемые реактивы фирмы Sigma, США). После обезвоживания препараты заливали в эпон (Fluka, Швейцария) по общепринятой методике [7, 8, 9].

Срезы, приготовленные на ультратоме, после контрастирования 2% водным раствором уранилацетата натрия или цитратом свинца, приготовленным по Reynolds [10], просматривались с помощью трансмиссионного электронного микроскопа ПЭМ-100 (JEOL, Япония, 2007).

Таблица 1

Морфометрические показатели ультраструктуры клеток белой крови крыс при адаптации к условиям высокогорья (M±m, объёмная плотность в %)

Показатели	Контрольная группа	Сроки адаптации к высокогорью 1 группа (3-е сутки)
Нейтрофилы		
Митохондрии	0,6±0,011	0,7±0,013*
Рибосомы	0,9±0,014	0,7±0,012*
Вакуоли	0,4±0,013	4,6±0,011*
Лизосомы	7,1±0,011	8,2±0,014*
Спец. гранулы	21,3±0,014	15,0±0,011*
Эозинофилы		
Митохондрии	1,1±0,013	1,2±0,011
Рибосомы	1,3±0,014	1,1±0,013*
Вакуоли	0,3±0,011	1,3±0,011*
Спец. гранулы	21,0±0,3	12,0±1,3*
Моноциты		
Митохондрии	2,6±0,014	2,9±0,013*
Рибосомы	2,3±0,011	2,4±0,003*
Вакуоли	0,6±0,013	0,9±0,011*
Лизосомы	12,1±1,7	16,0±1,1*
Средние лимфоциты		
Митохондрии	1,9±0,013	1,7±0,0014*
Рибосомы	1,6±0,011	1,5±0,012*
Вакуоли	0,4±0,011	0,9±0,013*
Лизосомы	0,9±0,017	0,8±0,014*

Примечание: * - p<0,05 при сравнении 1 группы с контролем.

Морфометрический анализ ультраструктуры лейкоцитов проводили по Э.Р. Вейбелю [11, 12, 13].

Математическую обработку данных проводили с помощью программы SPSS.

Результаты и обсуждение

При электронно-микроскопическом исследовании лейкоциты имели вид клеток округлой формы с волнистыми краями с небольшими выростами. Плазматическая мембрана хорошо контрастирована в виде непрерывной линии. Ядро в нейтрофилах чаще всего расположено практически по центру клетки. В цитоплазме обычно определяется большое количество гранул различной электронной плотности. Митохондрии относительно небольших размеров свободно расположены по всей цитоплазме.

На электроннограммах хорошо видны многочисленные электроннопрозрачные вакуоли (рис. 1).



Рис. 1. Электроннограмма сегментоядерного нейтрофила на 3-и сутки адаптации к условиям высокогорья. В цитоплазме среди первичных и вторичных гранул видны многочисленные электроннопрозрачные вакуоли. Сегментированное ядро содержит диффузный и конденсированный хроматин. Ув. х 10000.

Такое увеличение вакуолей в клетке свидетельствует об усилении обменных процессов в клетке в фазе аварийной адаптации путём эндомитоза и экзоцитоза макромолекулярных соединений.

Литература:

1. Бутова О.А. Конституциональные маркеры и здоровье. *Эколого-физиологические проблемы адаптации*. М., 2001. С. 92-94.

В начальной фазе адаптации к высокогорью в нейтрофилах было выявлено статистически значимое уменьшение объёмной плотности специфических гранул: в нейтрофилах с $21,3 \pm 0,014$ до $15,0 \pm 0,011$ при $p < 0,001$, в эозинофилах с $21,0 \pm 0,3$ до $12,0 \pm 1,3$ ($p < 0,001$). Кристаллоидные структуры эозинофильных гранул были плохо выражены.

Также было отмечено набухание митохондрий: показатели объёмной плотности митохондрий к третьему дню адаптации статистически значимо увеличились в нейтрофилах с $0,6 \pm 0,011$ до $0,7 \pm 0,013$ ($p < 0,05$), моноцитах – с $2,6 \pm 0,014$ до $2,9 \pm 0,013$ ($p < 0,05$), в эозинофилах также имело место увеличение объёмной плотности митохондрий, хотя это увеличение и не было статистически значимым.

Как известно, набухание митохондрий может сопровождаться нарушением процесса энергообразования в клетке и повышенным высвобождением АТФ в цитоплазму.

Объёмная плотность рибосом во всех видах клеток белой крови на третий день адаптации также так же была статистически достоверно снижена.

На третьи сутки пребывания в высокогорье было выявлено увеличение объёмной плотности вакуолей и лизосом. Так, объёмная плотность вакуолей в нейтрофилах увеличилась практически в 10 раз. Наибольшее увеличение объёмной плотности лизосом было зафиксировано в моноцитах: с $12,1 \pm 1,7$ до $16,0 \pm 1,1$, при $p < 0,01$.

Исходя из представленных данных следует, что в условиях краткосрочной адаптации к высокогорью фиксировались выраженные изменения морфометрических показателей в клетках белой крови. В условиях аварийной адаптации было выявлено снижение объёмной плотности специфических гранул и рибосом, и увеличение объёмной плотности митохондрий, вакуолей и лизосом.

2. Агаджанян Н.А., Марачев А.Г., Бобков Г.А. *Экологическая физиология человек*. Москва, 1998. 414 с.
3. Агаджанян Н.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П. *Проблемы адаптации и учение о здоровье*. М.: РУДН, 2006. 284 с.

4. Смагуло Н.К., Ажиметова Г.Н. Роль факторов окружающей среды в формировании уровня здоровья населения. *Международный журнал экспериментального образования*. 2013; 11 (1): 57-60.
5. Вербицкий Е.В., Войнов В.Б., Литвиненко С.Н. и др. К пониманию механизмов адаптации человека к условиям высокогорья. *Журнал фундаментальной медицины и биологии*. 2012; 3: 45-52.
6. Садыкова Г.С., Джунусова Г.С. Функциональные особенности эндокринных систем у жителей высокогорья. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016; 4-5: 943-947.
7. Карупу В.Я. Электронная микроскопия. К.: Вища школа, 1984. 208 с.
8. Юрина Н.А., Радостина А.И. Гистология: Учебник. М.: Медицина, 1995. 256 с.
9. Мавликеев М.О., Архипова С.С., Чернова О.Н., Титова А.А. и др. Краткий курс гистологической техники. Учебно-методическое пособие. Казань: Казан. ун-т, 2020. 107 с.
10. Уикли Б. Электронная микроскопия для начинающих. М.: Мир, 1975. 326 с.
11. Ташке К. Введение в количественную цитогистологическую морфологию. Бухарест: Изд-во Академии CPP, 1980. 192 с.
12. Wu D.X., Weibel E.R., Bachofen H., Schurch S. Lung lesions in experimental hydrostatic pulmonary edema: an electron microscopic and morphometric study. *Exp. Lung Res*. 1995; 21 (5): 711-730.
13. Вейбель Э.Р. Морфометрия легких человека. М.: Медицина, 1970. 170 с.

MORPHOFUNCTIONAL STATE OF LEUKOCYTES DURING SHORT-TERM ADAPTATION OF ANIMALS TO CLIMATIC AND GEOGRAPHICAL CONDITIONS OF HIGH MOUNTAINS

A.O. Bekturganova, Zh.A. Makhmudova,
M.T. Taalaibekova

I.K. Akhunbaev Kyrgyz state medical academy, Bishkek,
Kyrgyzstan; meka_0694@mail.ru

Abstract:

This article presents data on the comparative characteristics of the state of white blood cell organelles, characterizing the mechanisms of cell adaptation to high altitude conditions at the subcellular and cellular level. Using an electron microscopic method for studying peripheral blood cells, it was shown that under conditions of emergency adaptation to high altitude conditions in experimental animals, a decrease in the volume density of specific granules and ribosomes and an increase in the volume density of mitochondria, vacuoles and lysosomes occur in white blood cells in experimental animals.

Keywords: high mountains, adaptation, peripheral blood, electron microscopy

Вклад авторов:

A.O. Bekturganova: разработка дизайна исследования, сбор и обработка первичных данных, написание и редактирование текста рукописи;

Zh.A. Makhmudova: написание и редактирование текста рукописи;

M.T. Taalaibekova: сбор и обработка первичных данных, написание и редактирование текста рукописи.

Authors' contributions:

A.O. Bekturganova: study design development, collection and processing of primary data, writing and editing the text of the manuscript;

Zh.A. Makhmudova: writing and editing the text of the manuscript;

M.T. Taalaibekova: collection and processing of primary data, writing and editing the text of the manuscript.

Финансирование: Данное исследование не имело финансовой поддержки.

Financing: The study was performed without external funding.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Статья поступила / Article received: 19.01.2023. Принята к публикации / Accepted for publication: 10.02.2023.

Для цитирования: Бектурганова А.О., Махмудова Ж.А., Таалайбекова М.Т. Морфофункциональное состояние лейкоцитов при кратковременной адаптации животных к климатогеографическим условиям высокогорья. *Академический журнал Западной Сибири*. 2023; 19 (1): 49-52. DOI: 10.32878/sibir.23-19-01(98)-49-52

For citation: Bekturganova A.O., Makhmudova Zh.A., Taalaibekova M.T. Morphofunctional state of leukocytes during short-term adaptation of animals to climatic and geographical conditions of high mountains. *Academic Journal of West Siberia*. 2023; 19 (1): 49-52. DOI: 10.32878/sibir.23-19-01(98)-49-52 (In Russ)