

**МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛЕТОК ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА ПРИ АДАПТАЦИИ К УСЛОВИЯМ ВЫСОКОГОРЬЯ**

**А.О. Бектурганова**

Кыргызская Государственная медицинская академия им. И.К. Ахунбаева,  
Кафедра биохимии с курсом общей и биоорганической химии,  
г. Бишкек, Кыргызская Республика

**Резюме.** В представленной работе дана обобщающая информация о внутренних механизмах приспособления на субклеточном и клеточном уровне, изученная современными морфофизиологическими методами исследования клеток периферической крови. Изучение внутриклеточного метаболизма клеток периферической крови цитохимическими и электронномикроскопическими методами позволяет получить весьма важную и обладающую прогностической ценностью информацию о состоянии внутренней среды организма.

**Ключевые слова:** высокогорье, адаптация, цитохимия, электронная микроскопия.

**БИЙИК ТООЛУУ ШАРТКА КӨНҮҮДӨ АДАМДЫН ПЕРИФЕРИЯЛЫК КАНДЫН КЛЕТКАЛАРЫНЫН МОРФОФИЗИОЛОГИЯЛЫК ӨЗГӨРҮҮЛӨРҮ**

**А.О. Бектурганова**

И.К. Ахунбаев атындагы Кыргыз Мамлекеттик медициналык академиясы,  
Биохимия, жалпы жана биоорганикалык химия кафедрасы,  
Бишкек ш., Кыргыз Республикасы

**Корутунду.** Сунушталган жумушта перифереиялык кандын клеткаларынын заманбап морфофизиологиялык ыкмалар менен изилдөөдө ички механизмдердин субклеткалык жана клеткалык деңгээлде көнүүшүн изилдөө жөнүндө жалпы маалымат берилген.

Перифереиялык кандын клеткаларынын ички клеткалык метаболизмдерин цитохимиялык жана электронномикроскопиялык ыкмалар менен изилдөө организмдин ички чөйрөсүнүн абалы жөнүндө эң эле керектүү жана баалуу илимий маалыматтарды алууга мүмкүнчүлүктөрдү түзөт.

**Негизги сөздөр:** бийик тоолуу шартт, көнүү, цитохимия, электрондук микроскопия.

**MORPHOPHYSIOLOGICAL CHANGES OF PERIPHERAL BLOOD'S CELLS OF HUMAN AND ANIMALS IN ADAPTATION BY CONDITIONS OF THE HIGHLANDS**

**A.O. Bekturganova**

Kyrgyz State Medical Academy named after I.K. Akhunbaev,  
Department of Biochemistry with the Course of General and Bioorganic Chemistry,  
Bishkek, the Kyrgyz Republic

**Resume.** In this present work given generalizing information about internal mechanisms of facilities on sub-cellular and cellular level, studied with modern morphological methods of research of peripheral blood's cells. The research of intracellular metabolism of peripheral blood's cells with cytochemical and ultrastructure (electron microscopic) methods, which allow to receive very important and having predictive value information about internal environment of organism.

**Key words:** High altitudes, adaptation, cytochemistry, electron microscope.

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.

В настоящее время известно, что долговременная адаптация является достаточно надежной адаптацией, обеспечивающая расширение деятельности человека в необычных условиях среды [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13].

**Материал и методы исследования**

Изучались клетки крови у 30 жителей низкогогорья мужского пола в возрасте 18-35 лет в процессе кратковременной адаптации (30 суток) к высоте 3600-3700 м. над ур. м. (пос. Сары-Джаз, Кургак) и у 24 лиц мужского пола в возрасте 18-35 лет, длительно проживающих на этой высоте (до 10 лет).

Также были изучены клетки периферической крови крыс-самцов при 30 дневной адаптации

при различных температурных режимах в условиях высокогорья (3200 м. над.ур. моря). Контролем служили крысы находившиеся в г. Бишкек. Всего было исследовано 54 человека мужского пола в возрасте 18-35 лет и 120 крыс самцов.

В свежих пробах крови, стабилизированных гепарином, подсчитывалось общее количество лейкоцитов. В мазках определялась лейкоцитарная формула (окраска по Романовскому-Гимза). Цитохимическими методами выявляли активность пероксидазы, щелочной фосфатазы, сукцинатдегидрогеназы [10, 12].

Для электронно-микроскопических исследований использовали свежую кровь, стабилизированную гепарином, которую центрифугировали при 1000 об/мин. в течении 10 мин. Выделенная лейкоцитарная пленка обрабатывалась по общепринятой методике. Тромбоциты выделялись из венозной крови двойным центрифугированием, фиксировались в 1% растворе глутаральдегида на фосфатном буфере (рН7,4) с добавлением стабилизатора (3.8% раствор цитрата натрия) в соотношении 5:4:1 [10].

Ультратонкие срезы после констатирования цитратом свинца, просматривались с помощью электронного микроскопа ПЭМ 100, JEM100. Проводили морфометрический анализ ультраструктуры клеток белой крови по Вейбелю (1970).

#### Результаты исследования

Пребывание людей в условиях высокогорья сопровождалось значительными изменениями количественного содержания форменных элементов крови и их цитохимической активности, которые носили фазовый характер. В первые сутки пребывания людей в условиях высокогорья в количестве эритроцитов не было заметных изменений, отмечалось снижение гемоглобина. Заметные изменения в этих условиях происходили со стороны клеток белой крови. В первые сутки адаптации отмечался лейкоцитоз. В дальнейшие сроки (30 суток) отмечалось уменьшение количества лейкоцитов по сравнению с контролем.

Таблица 1

Изменения показателей периферической крови у людей, адаптирующихся к условиям высокогорья (Сары-Джаз, 3600 м)

| Сроки адаптации    | Количество эритроцитов (млн) | Гемоглобин г/л | К-во Тромбоцитов (тыс) | К-во лейкоцитов (тыс) | Базофилы % | Эозинофилы % | Палочкоядерные % | Сегментоядерные % | Лимфоциты % | Моноциты % |
|--------------------|------------------------------|----------------|------------------------|-----------------------|------------|--------------|------------------|-------------------|-------------|------------|
| Контрольная группа | 4,2±0,01                     | 120±4,1        | 290,0±1,6              | 6,500±671             | 0,65±0,07  | 2,2±0,7      | 2,2±0,7          | 61,6±1,3          | 27,9±1,6    | 3,2±0,2    |
| 3 день             | 4,1±0,03                     | 130±3,2        | 392,0±1,7              | 9,300±471             | 0,6±0,06   | 4,1±0,7      | 1,3±0,02         | 54,8±2,8          | 35,3±2,6    | 5,6±0,8    |
| 30 день            | 4,3±0,04                     | 132±10,1       | 287,0±2,1              | 3,500±267             | 0,4±0,01   | 1,2±0,3      | 1,4±0,01         | 50,0±2,9          | 44,2±2,4    | 2,8±0,8    |
| 6 месяцев          | 4,7±0,02                     | 141±12,1       | 196,0±2,3              | 6980±207              | 0,7±0,01   | 1,7±0,01     | 1,6±0,03         | 54,0±3,1          | 42±2,1      | 2,9±0,7    |
| 5-10 лет           | 5,4±0,07                     | 152±14,1       | 294±2,6                | 6630±852              | 0,5±0,02   | 2,2±0,6      | 1,7±0,03         | 56±2,4            | 47±3,1      | 3,4±0,01   |

$P < 0,001$

\*) изменение достоверности

Снижение количества лейкоцитов происходило за счет нейтрофилов. В более поздние сроки (к 6 месяцу) количество лейкоцитов вновь возрастало и приближалось к контрольному уровню. Менялся лейкоцитарный профиль, приобретая лимфоидный характер (табл. 1).

Активность щелочной фосфатазы, сукцинатдегидрогеназы, пероксидазы, возрастала на 3 сутки после переезда на высоту. Наиболее резкое увеличение отмечено со стороны щелочной фосфатазы (в 3 раза). В дальнейшем на 30 сутки отмечалось снижение цитохимических показателей. У людей, длительно проживающих в

условиях высокогорья (5-10 лет) отмечалось следующие особенности. Активность щелочной фосфатазы была близка к контрольным значениям, активность пероксидазы, сукцинатдегидрогеназы, оказались на более высоком уровне. (табл. 2) Отмечены изменения в ультраструктурном строении эритроцитов. В первые сутки адаптации в эритроцитах людей обнаруживалась популяция клеток с отдельными выпячиваниями плазмалеммы со снижением электронной плотности цитоплазмы указывающих на снижение содержания гемоглобина и повреждения цитоскелета

эритроцита, состоящего из спектрина и актина, которые приводят к появлению свободных от гемоглобина замкнутых пространств.

В последующие сроки (30 суток) уменьшалось количество подобных эритроцитов. У людей, длительно проживающих в условиях высокогорья (5-10 лет), цитоплазма эритроцитов имела более высокую электронную плотность по сравнению с контролем (рис. 1). Такие особенности в ультраструктурном строении эритроцитов указывают о большей степени насыщенности их гемоглобином.

Нейтрофилы и лимфоциты на 3 сутки после переезда на высоту имели цитоплазму с многочисленными электронно прозрачными вакуолями. В средних лимфоцитах были расширены цистерны комплекса Гольджи. Кристаллоподобные структуры эозинофильных гранул были плохо выражены. У длительно адаптирующихся людей в

нейтрофилах увеличивалось количество первичных и вторичных гранул. Лимфоциты имели митохондрии с хорошо выраженными мембранами крист и многочисленные рибосомы (рис. 3).

Большинство средних лимфоцитов содержало развитые структуры гранулярного эндоплазматического ретикулума, многочисленные рибосомы и лизосомы. Эти изменения можно трактовать как признак активированности лимфоцитов и нейтрофилов. В тромбоцитах в первые сутки адаптации отмечалось появление в цитоплазме электроннопрозрачных вакуолей, снижение количества  $\alpha$ -гранул. В дальнейшем отмечались гипертрофия поверхностно-вакуолярного аппарата и уменьшение числа  $\alpha$ -гранул отражающих повышение функциональной активности тромбоцитов (рис. 1)

Таблица 2

Цитохимическая активность лейкоцитов у здоровых людей в разные сроки адаптации к условиям высокогорья (Сары-Джаз, 3600 м)

| Сроки адаптации    | Щелочная фосфатаза | Пероксидаза | Сукцинатдегидрогеназа |
|--------------------|--------------------|-------------|-----------------------|
| Контрольная группа | 49,0 ±8,3          | 204,0 ±5,0  | 14 ±0,9               |
| 3 день             | 199,0 ±14,0        | 288 ±4,2    | 16 ±0,7               |
| 30 день            | 104 ±4,3           | 240 ±16,6   | 18 ±0,4               |
| 6 месяцев          | 96 ±4,7            | 201 ±7,4    | 19 ±0,4               |
| 5-10лет            | 41 ±3,1            | 193 ±4,2    | 22 ±1,1               |

$P < 0,001$

\*) изменение достоверности



Рис. 1. Электроннограмма эритроцитов при адаптации людей к условиям высокогорья.

а) снижение электронной плотности цитоплазмы эритроцитов с образованием вакуолей на 3 сутки адаптации

б) повышение электронной плотности цитоплазмы эритроцитов на 30 сутки адаптации, X-гранул тромбоцитов.

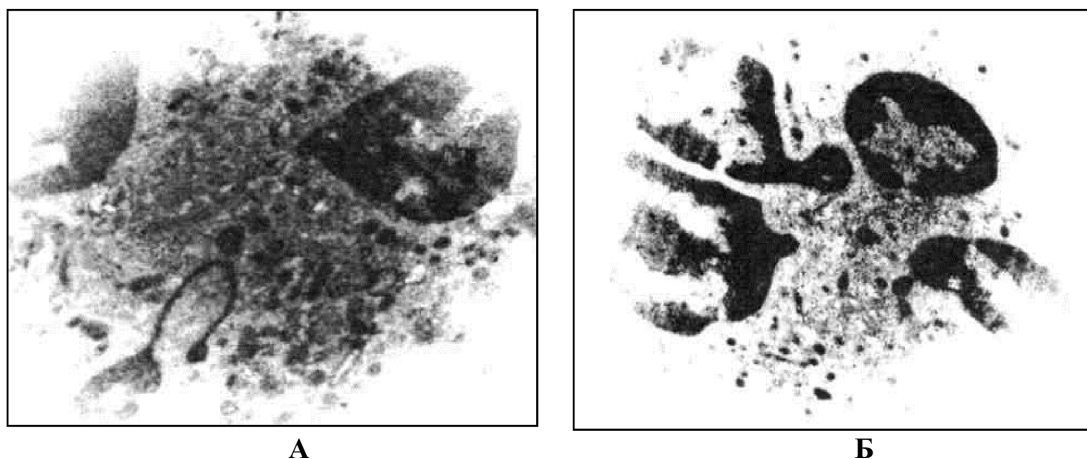


Рис. 2. Электроннограмма нейтрофилов при адаптации людей к условиям высокогорья.

а) увеличение вакуолей и снижение специфических гранул в цитоплазме нейтрофилов на 3 сутки адаптации;

б) увеличение количества и размеров специфических гранул нейтрофила на 30 сутки адаптации.ув. X 10000.

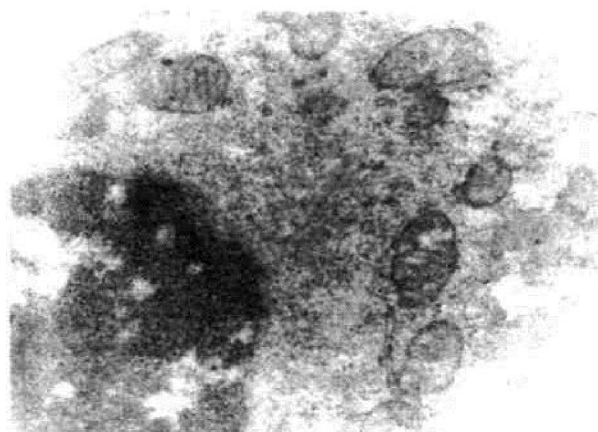


Рис. 3. Электроннограмма большого лимфоцита людей, адаптирующихся к высокогорью. Увеличение количества митохондрий, рибосом и комплекса Гольджи. ув. X 10000.

У лиц длительно адаптирующихся к высокогорью изменился состав популяции клеток белой крови. Обменные процессы лейкоцитов в этих условиях были более интенсивными, что подтверждает высоким уровнем активности ферментов и изменениями ультраструктурной организации клеток. Цитохимические в ультраструктурные особенности клеток периферической крови у людей при длительной адаптации, отражают устойчивую адаптацию к высокогорной гипоксии.

#### Выводы

1. Пребывание человека в климате географическим условиях высокогорья приводят к развитию фазовых изменений клеток периферической крови: их количества, морфологического состава, цитохимической активности и их ультраструктурной организации. Отмечается

лейкоцитоз, эозинопения. Повышение цитохимической активности, набухания митохондрий, уменьшение объемной плотности специфических гранул.

2. Ультраструктурные изменения лейкоцитов в начальной фазе адаптации в виде набухания митохондрий, уменьшение объемной плотности специфических гранул нейтрофилов указывают на снижение неспецифической резистентности организма, по мере наступления стабильной фазы адаптации увеличивается объемная плотность митохондрий, рибосом во всех форменных элементах белой крови обеспечивающих адаптацию к гипоксии.

3. При длительной адаптации к высокогорью (хроническая гипоксия) увеличивается процентное содержание лимфоцитов (изменение лейкоцитарного профиля), что видимо связано с их участием в регуляции гемопозза.

Устанавливается новый уровень цитохимических показателей и ультраструктурной организации клеток белой крови отражающие изменения обменных процессов в данных условиях среды.

4. Цитохимические и ультраструктурные изменения клеток периферической крови отражают устойчивую адаптацию организма к условиям высокогорья и могут быть использованы, как диагностические тесты адаптивности организма человека.

### *Литература*

1. Авцын А.П. Патология человека на севере. - М.: 1991. - 400 с.
2. Агаджанян Н.А., Борян Г.П., Захарова И.Н. Географическая среда и здоровье человека. - Нальчик, 1970. - 70 с.
3. Милованов А.П. Адаптация малого круга кровообращения в условиях Севера. - М., 1987. - 160 с.
4. Меерсон Ф.З. Адаптация, стресс и профилактика. - М., 1981. - 278 с.
5. Миррахимов М.М. Болезни сердца и горы. - Фрунзе, 1971.
6. Павлов С.Е. Адаптация. - М.: «Парус», 2000. - 204 с.
7. Алмазов В.А. Физиология лейкоцитов. - Л., 1986. - 204 с.
8. Гаркави Л.Х., Квакин Е.Б., Уколова М.А. Адаптационные реакции и резистентность организма. - Ростов-на-Дону, 1996. - 212 с.
9. Казначеев В.П. Современные аспекты адаптации. - Новосибирск, 1980. - 198 с.
10. Лецкий В.Б., Фосинович Т.И., Щукина Н.Г. К методике окраски и цитохимических исследований клеток костного мозга консервированного глубоким охлаждением. - М., 1971. - С. 49-51.
11. Раимжанов А.Р. Апластическая анемия и горный климат. - Бишкек, 2002. - 304 с.
12. Марри Р, Греннер Д.Б., Мейес П. и соавт. Биохимия человека. - М.: Мир, 1993. - 414 с.
13. Baker P.T. The biology of high-altitude peoples. - М.: "ир", 1981. - 392 p.