

## ХАРАКТЕРИСТИКА ЭРИТРОЦИТОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ В УСЛОВИЯХ ГИПОКСИИ И ГИПЕРОКСИИ

Акулич Н. В.<sup>1</sup>, Зинчук В. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Республиканский научно-практический центр спорта, Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Гродненский государственный медицинский университет, Гродно, Беларусь

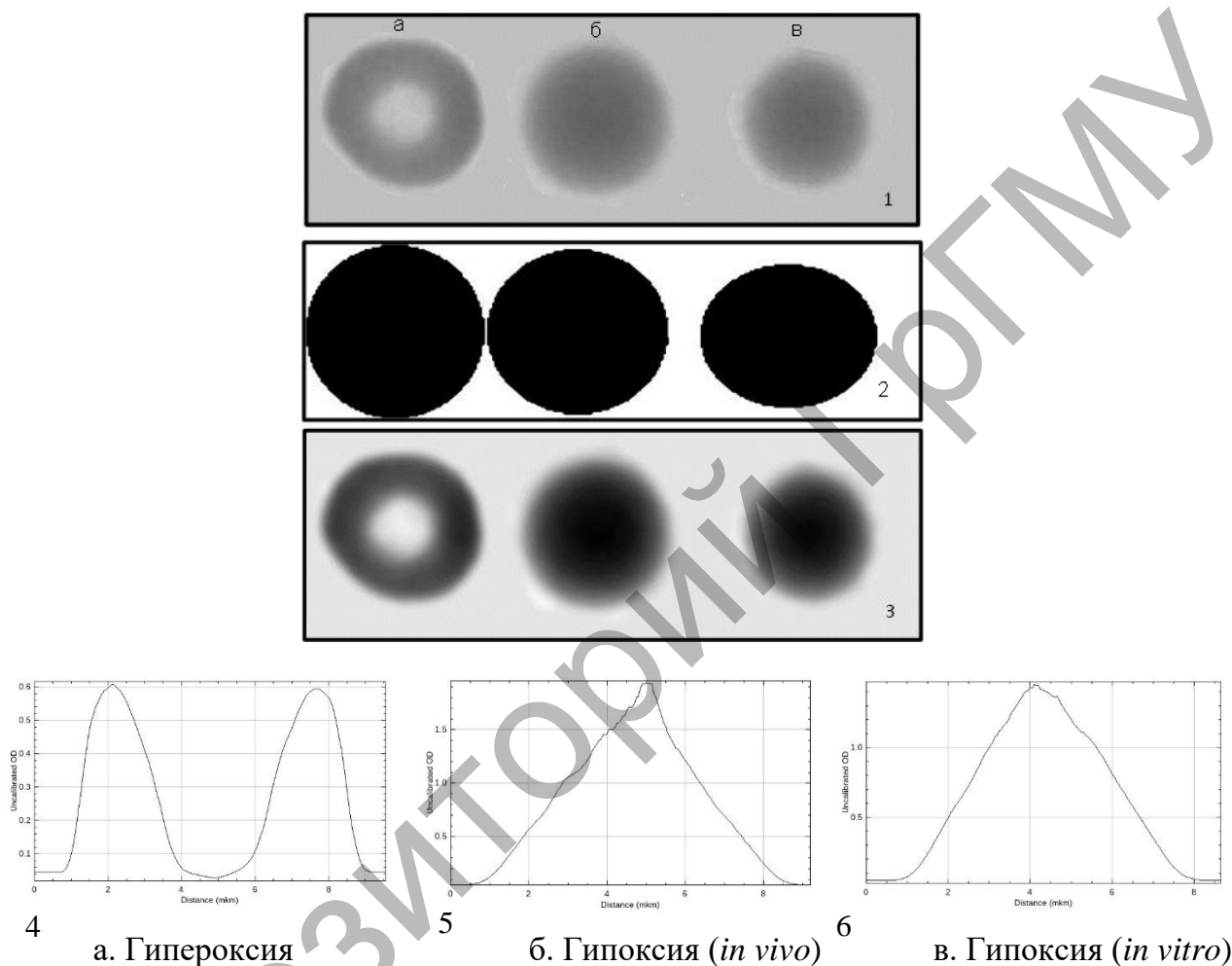
**Введение.** Красные кровяные тельца (RBC) – терминально дифференцированные клетки для транспорта газов крови. Известно, что в альвеолярном воздухе содержится 13,5% кислорода; в периферических тканях процентное содержание кислорода значительно ниже, и составляет от 3,4 до 6,8% [1]. Эритроциты *Homo Sapiens* нормально функционируют в интервале от 6 до 9%: при этом артериальная и венозная кровь характеризуется разным уровнем  $pO_2$ . При высоких напряжениях кислорода, преобладающих в ацинусах легких, кровь практически полностью насыщается кислородом и гемоглобин (Hb) имеет «relaxed» R-состояние. Когда кровь поступает в микроциркуляторное русло,  $PaO_2$  снижается, способствуя переходу в «tense» T-форму и отщеплению кислорода от гемоглобина. Эритроциты обладают высокой реактивностью, реагируя на изменение напряжения кислорода. Поскольку гемоглобин составляет большую часть эритроцита, можно предположить, что его структурные перестройки при воздействии газовых смесей с разным содержанием кислорода будет сопровождаться морфологическими изменениями эритроцитов.

**Цель** – оценка влияния гипо-/гипероксии на морфологические характеристики красных кровяных телец.

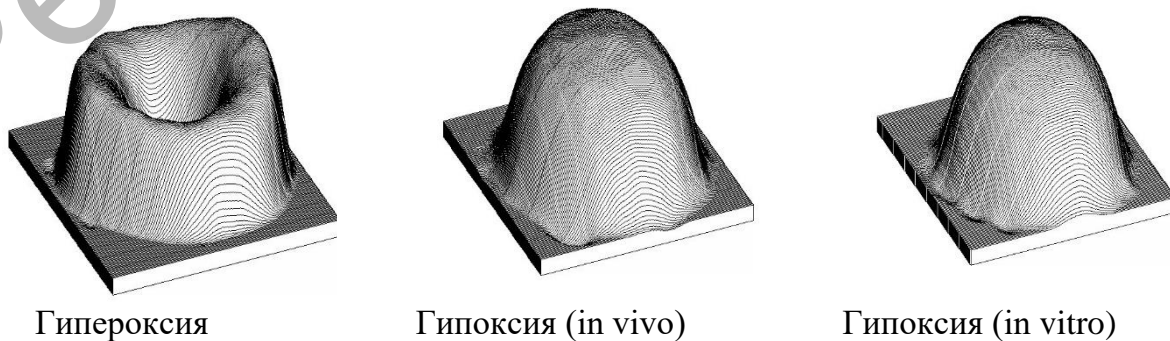
**Методы исследования.** Исследование проводилось на базе учреждения здравоохранения «Национальная антидопинговая лаборатория» и Республиканского научно-практического центра спорта. Исследование выполнено на образцах венозной и капиллярной крови спортсменов национальных команд Республики Беларусь по биатлону и легкой атлетике ( $n=12$ ), проводивших учебно-тренировочный сбор в условиях горной подготовки (высота более 1800 метров над уровнем моря), и пробах венозной крови добровольцев мужского пола ( $n=17$ ), профессионально не занимающихся спортом.

Исследование одобрено комитетом по этике УЗ «Национальная антидопинговая лаборатория». Кровь добровольцев подвергалась влиянию гипоксии или гипероксии *in vitro* (экспозиция 90 минут). Для создания гипоксии (1%  $O_2$ ) и гипероксии (16%  $O_2$ ) использовали модуль контроля газов планшетного спектрофлуориметра Synergy H1 (Biotek). Анализ фиксированных и окрашенных препаратов производили с использованием микроскопа Olympus BX-53.

**Результаты и их обсуждение.** Цитологический анализ выявил, что во всех группах наблюдения отсутствовали аномалии формы клеток, анизоцитоз. Эритроциты не имели каких-либо выростов цитоплазматической мембраны. Нами проведена последовательная обработка изображения клеток и последующая их реконструкция на основании профиля оптической плотности (рис. 1-2).



**Рисунок 1. – Исходное полутоновое изображение (1), его маска (2) и финальное (3) изображение эритроцитов после эквализации и применения математических фильтров (4-6) – профиль оптической плотности эритроцитов**



**Рисунок 2. – Реконструкция изображения эритроцитов при гипо- и гипероксии**

Более 95% эритроцитов в условиях гипоксии не имели пэллора (характерной формы впадины в центре эритроцита): красные кровяные тельца представляли собой гиперхромные диски без типичной двояковогнутой формы. Гипоксия *in vitro* характеризовалась преобладанием клеток с меньшим диаметром, причем оптическая плотность была ниже, чем у эритроцитов спортсменов, подвергавшихся гипобарической высотной гипоксии.

В условиях экспериментальной гипероксии, при которой процент кислорода в экспериментальной смеси был ниже, чем в атмосфере лабораторного помещения, площадь поверхности эритроцитов составляла  $141,21 \pm 6,22$  мкм<sup>2</sup>. Объем красных кровяных телец составлял при этом  $94,11 \pm 5,51$  фл.

Нормобарическая гипоксия *in vitro* характеризовалась наименьшим объемом  $83,03 \pm 6,47$ , ( $p < 0,05$ ) и площадью поверхности эритроцитов  $124,42 \pm 7,17$  мкм<sup>2</sup>, ( $p < 0,05$ ). Объем эритроцитов у спортсменов национальных команд в условиях гипоксии составлял  $89,71 \pm 6,88$  фл ( $p < 0,05$ ), а площадь поверхности –  $132,23 \pm 5,50$  мкм<sup>2</sup> ( $p < 0,05$ ).

Таким образом, гипо- и нормобарическая гипоксия характеризуется микроцитозом, эритроциты имеют плотно упакованный гемоглобин с небольшой площадью диффузионной поверхности. При гипероксии изменения противоположные.

**Заключение.** Предложена технология анализа эритроцитов крови при разных гипо- и гипероксических состояниях. Адаптация к гипо- и гипероксии сопровождается изменением площадь поверхности и объема эритроцита. Установлено, что двояковогнутая форма характерна для гипероксических состояний, при напряжении кислорода до 40 мм рт. ст. для эритроцитов характерна оптически плотная средняя часть клетки.

### Литература

1. Акулич Н. В., Зинчук В. В. Участие монооксида азота в адаптации эритроцитов к гипоксии/реоксигенации // Актуальные проблемы общей и клинической биохимии – 2023 : сб. материалов Республиканской научно-практической конференции, г. Гродно, 26.05.2023 / отв. ред. В. В. Лелевич. – Гродно : ГрГМУ, 2023. – С. 144-146.
2. Акулич Н. В., Зинчук В. В. Вклад газотрансмиттера монооксида азота в структурно-функциональную организацию эритроцитов в условиях гипоксии/реоксигенации // Биомедицинская химия. – 2023. – Т. 69, № 5. – С. 315-321.