

ных к гипоксии, уменьшается, по-видимому, в результате увеличения (в процессе адаптации) количества цепей переноса электронов, что дает возможность более рационального использования кислорода в процессе дыхания клеток.

Литература

1. Березовский В. А. Напряжение кислорода в крови и тканях при адаптации и гипоксии.—Полярнографическое определение кислорода в биологических объектах. Киев, 1972, с. 18—20.
2. Коваленко Е. А., Рязжский А. В. Изменение напряжения кислорода в тканях мозга при действии на организм высоты и перегрузок.—Полярнографическое определение кислорода в биологических объектах. Киев, 1972, с. 53—54.
3. Лысина Г. Г. Состояние напряжения кислорода в тканях у лиц, подвергающихся воздействию электромагнитных полей.—Гигиена труда и биол. действие электромагнитн. волн радиочастот. М., 1968, с. 105—107.
4. Меерсон Ф. З. Механизмы адаптации к высотной гипоксии.—Физиология человека и животных (итоги науки и техники ВИНТИ АН СССР). М., 1974, с. 7—62.
5. Мирутенко В. И., Серкиз Я. И. Влияние СВЧ-электромагнитного поля больших интенсивностей на напряжение кислорода (PO_2) и температурную реакцию в тканях животного организма.—Гигиена труда и биол. действие электромагнитн. волн радиочастот. М., 1968, с. 118—120.

Киевский институт
общей и коммунальной гигиены

Поступила в редакцию
24.1 1978 г.

УДК 612.111—06:612.273.2.017.1

Н. Ф. Стародуб, В. П. Артюх, В. П. Дударев, Г. М. Рекун

СОДЕРЖАНИЕ ФОСФАТОВ В КРАСНЫХ КЛЕТКАХ КРОВИ КРЫС ПРИ ДЕЙСТВИИ ГИПО- И ГИПЕРОКСИИ

Фосфаты эритроцитов являются естественными регуляторами сродства гемоглобина к кислороду [8], ввиду чего определение их содержания имеет важное значение при изучении кислородтранспортной функции крови. Вопрос о механизме ее регуляции в процессе адаптации организма к условиям с различным парциальным давлением кислорода остается окончательно не решенным. Показано [2], что при длительном воздействии на крыс гипо- и гипероксии наблюдается перестройка фракционного состава гемоглобина периферической крови.

Мы исследовали изменения содержания фосфатов в эритроцитах крыс, адаптированных к условиям с повышенным и пониженным содержанием кислорода во вдыхаемой газовой среде.

Методика исследований

Эксперименты проводили на белых крысах весом 140—160 г. Обследовано восемь групп животных, причем две из них были контрольными. В первой серии экспериментов (три группы) животных по пять раз в неделю подвергали воздействию гипоксической гипоксии в следующих режимах: 1) крысы находились в камере с проточной вентиляцией в течение пяти дней по 4 ч на симулированной высоте 2000, 3000, 4000, и 5000 м над уровнем моря; 2) крыс подвергали таким же воздействиям, как и в первой группе, затем пять дней по 4 ч на «высоте 7000 м»; 3) по 5 ч в течение пяти дней животные находились в проточной газовой среде, содержащей 90% азота и 10% кислорода при нормальном барометрическом давлении.

Во второй серии экспериментов животных подвергали воздействию повышенного парциального давления кислорода различной интенсивности. Группа 1—на протяжении 26 дней 19 раз по 1 ч крысы находились в среде чистого кислорода под давлением 1 атм; 2—за 20 дней 15 раз крыс помещали на 1 ч в камеру при давлении кислорода 3 атм; 3—животные дышали проточной газовой смесью, состоящей из 60% кислорода и 40% азота, по 4 ч девять раз в течение 13 дней при нормальном атмосферном давлении.

Содержание фосфатов

Подсчет форменных элементов популяций клеток крови ставляли по [7]. Эритроциты отбывком физиологического раствора в соотношении 1:3. К гемолизату Концентрацию гемоглобина установили методом [1, 3], принимая [3]. Содержание отдельных фосфатов выражать в молях на единицу гемоглобина, но этот подход несколько ограничен, по ференцировки клетки по степени насыщения о соотношении фосфатов для оценки функциональной способности отдельных фосфатов мы выражали. Полученные данные обработаны

Результаты

Проведенные исследования показали, что значительное количество органических фосфатов в эритроцитах составляют органические фосфаты [11].

При адаптации животных к условиям с различным содержанием фосфатов в клетке. Особенно

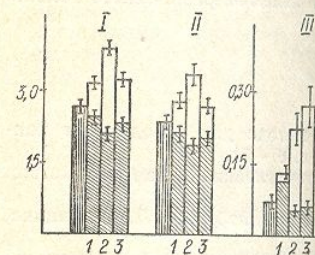


Рис. 1. Содержание общего (I), органического (II) и неорганического (IV) фосфата в эритроцитах крыс при действии гипоксии (заштрихованные) и гипероксии (заштрихованные) животных.

Рис. 2. Содержание общего (I), органического (II) и неорганического (IV) фосфата в эритроцитах крыс при действии гипоксии (заштрихованные) и гипероксии (заштрихованные) животных.

щихся в условиях газовой среды, наблюдается одностороннее изменение содержания фосфатов.

В процессе адаптации животных к условиям с различным содержанием фосфатов, изменяется и содержание ГБО. Наиболее четко это проявляется в изменении содержания общего фосфата в эритроцитах.

Обращает внимание, что во время адаптации животных к условиям с различным содержанием фосфатов в клетке, наблюдается изменение содержания общего фосфата в эритроцитах.

Гемоглобин крыс относится к белкам, способным комплексироваться с фосфатами. Содержание их в эритроцитах имеет адаптивное значение, так как способствует и, наоборот, затрудняет этот процесс.

Подсчет форменных элементов крови проводили общепринятым методом. Обогащение популяций клеток кровеносного русла эритроцитами и ретикулоцитами осуществляли по [7]. Эритроциты отмывали от плазмы четыре — пять раз десятикратным избытком физиологического раствора. Затем гемолизировали их дистиллированной водой в соотношении 1:3. К гемолизату добавляли 1/10 часть 0,1 М трис-НСI буфера, pH 8,9. Концентрацию гемоглобина устанавливали спектрофотометрически цианметгемоглобином методом [1, 3], принимая молярный коэффициент цианметформы равным 44×10^3 [3]. Содержание отдельных фосфатов определяли согласно [4]. Уровень их обычно принято выражать в молях на единицу объема крови или красных клеток. Однако, такой подход несколько ограничен, поскольку не учитывает различия отдельных стадий дифференцировки клетки по степени гемоглобинизации [12], а, следовательно, не дает представления о соотношении фосфатов и гемоглобина, что как раз наиболее существенно для оценки функциональной способности дыхательного белка. Ввиду этого количество отдельных фосфатов мы выражали в молях фосфора (Р) на моль гемоглобина (Нв). Полученные данные обработаны статистически [5].

Результаты исследований и их обсуждение

Проведенные исследования показали, что в эритроцитах крыс содержится довольно значительное количество органического фосфата (около 2,4 моля Р на моль Нв). Основную часть его составляют соединения не нуклеотидной формы (2,33 моля Р), которые в эритроцитах представлены преимущественно 2,3-дифосфоглицератом (2,3-ДФГ) [11].

При адаптации животных к условиям гипоксии наблюдается повышение содержания фосфатов в клетке. Особенно существенно это происходит у животных, находя-

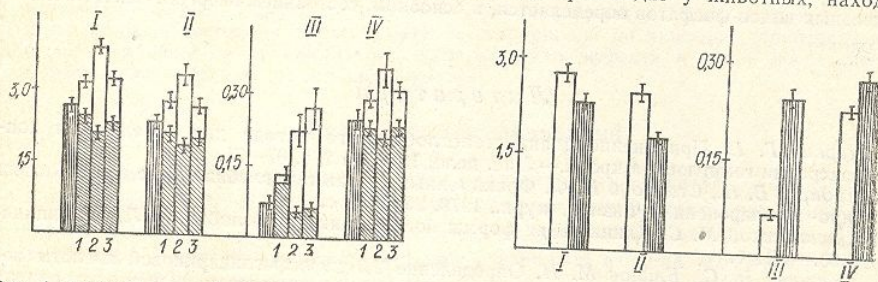


Рис. 1. Содержание общего (I), органического ненуклеотидного (II), нуклеотидного (III) и неорганического (IV) фосфата (моля Р/моль Нв) в красных кровяных клетках интактных (вертикально заштрихованные столбики) крыс, при гипоксии (белые столбики) и гипероксии (заштрихованные наискосок). 1, 2, 3 — данные, полученные при адаптации животных по схемам, обозначенным в тексте.

Рис. 2. Содержание общего (I), органического ненуклеотидного (II), нуклеотидного (III) и неорганического (IV) фосфата в эритроцитах (белые столбики) и ретикулоцитах (вертикально заштрихованные) крови крыс.

щихся в условиях газовой среды, соответствующей высоте 7000 м. Причем характерно однонаправленное изменение содержания разных видов фосфатов (рис. 1).

В процессе адаптации животных к гипербарической оксигенации (ГБО) содержание фосфатов изменяется в противоположном направлении, коррелируя с глубиной ГБО. Наиболее четко это проявляется при тренировке животных к условиям с ГБО 3 атм.

Обращает внимание, что во всех указанных случаях наиболее существенный вклад в изменение содержания общего фосфата вносит колебание количества его органической ненуклеотидной части.

Гемоглобин крыс относится к той группе дыхательных белков, которая обладает способностью комплексоваться с органическими фосфатами [9], поэтому высокое содержание их в эритроцитах имеет важное значение для функциональной активности крови. Изменение уровня фосфатов при гипо- и гипероксии, надо полагать, приобретает адаптивное значение, так как способствует переходу кислорода к тканям в первом случае и, наоборот, затрудняет этот процесс во втором.

Принимая во внимание лабильность углеводного обмена в эритроцитах [6], вполне возможно считать, что с помощью органических фосфатов осуществляется быстрая регуляция кислородтранспортной активности крови. Приспособление организма к изменившимся условиям газовой среды может происходить в результате перераспределения количества фосфатов, связанных с мембранами, ионами Mg и гемоглобином [10], а отклонения в содержании фосфатов, по-видимому становятся достоверными лишь тогда, когда необходимая кислородтранспортная функция крови не обеспечивается их уровнем в клетках.

При развитии в организме гипо- и гипероксии вовлекаются процессы, связанные с выбросом в кровяное русло незрелых клеток, происходит также перестройка в синтезе отдельных фракций гемоглобина [2]. Появление в циркуляции молодых клеточных популяций приводит не только к нарушению в крови установившегося фракционного состава гемоглобина [7], но и сказывается на соотношении отдельных видов фосфатов. В частности, в ретикулоцитах, по сравнению с эритроцитами, увеличивается доля нуклеотидного фосфата на фоне уменьшения общего количества его органической части (рис. 2). Однако, изменение уровня нуклеотидного фосфата при адаптации крыс к гипо- и гипероксии лишь в определенной мере связано со сдвигами в наборе клеточных популяций, поскольку в этих условиях нет такой корреляции в соотношении органической и нуклеотидной части фосфата, как это наблюдается при переходе ретикулоцита к эритроциту. Так, в первом случае происходит однонаправленное изменение содержания нуклеотидного и нуклеотидного фосфата в клетках, а во втором — оно носит противоположный характер. Видимо, при исследованных состояниях организма колебания уровня отдельных видов фосфатов определяется, в основном, состоянием энергетического обмена в клетках.

Литература

1. Дервиз Г. В. Применение цианметгемоглобинового метода для определения концентрации гемоглобина крови.— Лаб. дело, 1973, № 2, с. 67—71.
2. Дударев В. П., Стародуб Н. Ф. Фракционный состав гемоглобина крыс при действии гипо- и гипероксии.— Физиол. журн., 1979, 25, № 4, с.
3. Кушаковский М. С. Клинические формы повреждения гемоглобина.— Л.: Медицина, 1968.— 324 с.
4. Луганова И. С., Блинов М. Н. Определение 2,3-дифосфоглицериновой кислоты ферментативным методом и содержание 2,3-дифосфоглицерата и АТФ в эритроцитах больных хроническим лимфолейкозом.— Лаб. дело, 1975, № 11, с. 652—654.
5. Плохинский Н. А. Биометрия.— М.: Изд-во МГУ, 1970.— 367 с.
6. Симановский Л. Н. Механизм адаптации к гипоксии в системе красной крови.— Вопр. мед. химии, 1971, № 3, с. 227—239.
7. Стародуб Н. Ф. Онтогенез красной кровяной клетки и гетерогенная система гемоглобина.— Успехи соврем. биологии, 1976, 81, № 2, с. 244—257.
8. Стародуб Н. Ф., Крикливый И. А., Рекун Г. М. Образование комплекса гемоглобин-фосфат и его физиологическая роль.— Успехи соврем. биологии, 1975, 80, № 6, с. 414—421.
9. Bunn F. H. Differences in the interaction of 2,3-diphosphoglycerate with certain mammalian hemoglobins.— Science, 1971, 172, N 3987, p. 1049—1050.
10. Bunn F. H., Ransil B. J., Chao A. The interaction between erythrocyte organic phosphates magnesium ion and hemoglobin.— J. Biol. Chem., 1971, 246, N 17, p. 5273—5279.
11. Rapoport S., Lubering J. An optical study of diphosphoglycerate mutase.— J. Biol. Chem., 1952, 234, N 3, p. 449—458.
12. Yataganas X., Gahrton G., Thorell B. DNA, RNA and hemoglobin during erythroblast maturation. A Cytophotometric study.— Experim. Cell. Res., 1970, 62, N 1, p. 254—261.

Институт молекулярной биологии и генетики
АН УССР, Киев
Институт физиологии им. А. А. Богомольца АН УССР

Поступила в редакцию
11.XII 1978 г.

ВЛИЯНИЕ НА РАБОТУ СЕРДЦА В УСЛОВИЯХ БЛ

Значительное место в деятельности занимает папаверин и состояние симпатического отдела тонуса [2], целесообразна деятельность сердца и общ. В предыдущих исследованиях средств на деятельность альфа-адренорецепторов [4]. следуемых веществ на деятельности бета-адренорецепторов.

Опыты проведены на 17 к. Основные показатели гемодинамики временно с записью кривой течения и ЭКГ в стандартном папаверин — в дозе 1 мг/кг, боты сердца и состояния гемобазола, на фоне их максимума артериального давления до ис

Влияние анаприлина в дозе Чекманом [10]. В указанный период полную блокаду бета-30—60 мин. Через 10 мин после введения в течение 30 мин наблюдали гипотензивное действие наково (соответственно: 70 ± 1 словлено снижением общего работы сердца и общей гемодинамики снижает артериальное давление (МОК) и замедления частоты (МОК) и замедления частоты

После введения папаверина с $64 \pm 3,4$ до $42 \pm 2,5$ мм рт. ст. 17545 ± 2170 $\text{дин} \cdot \text{сек} \cdot \text{см}^{-5}$. Через исходного и сохраняется без изменений, но отмечается снижение МОК $0,67 \pm 0,09$ мл, а также постеп. $\cdot \text{сек} \cdot \text{см}^{-5}$. Блокада бета-адренорецепторов

Дибазол, введенный на фоне действия папаверина, снижал артериальное давление с 73 ± 4 до $42 \pm 1,5$ мм рт. ст. ± 1587 $\text{дин} \cdot \text{сек} \cdot \text{см}^{-5}$. Через 10 мин действие папаверина не меняется без изменений, несмотря на $\pm 0,013$ л/мин, ОПС в данном

Таким образом, в условиях действия папаверина и дибазола