

Характеристика физико-химических свойств циркулирующих эритроцитов в постгипоксический период

Известно, что одной из адаптивных реакций организма теплокровных является изменение морфофункциональных свойств форменных элементов крови [1, 2, 5, 10]. Однако имеющиеся в литературе данные преимущественно относятся к длительной гипербарической гипоксической гипоксии, тогда как сведения о состоянии физико-химических свойств эритроцитов (ФХСЭ) после однократного воздействия нормобарической гипоксической гипоксией (НГГ) весьма скудны. Нуждается в дальнейшем изучении и вопрос об изменении функциональных свойств эритроцитов циркулирующей крови в ранние и отдаленные сроки постгипоксического периода. Изучению этих вопросов посвящено настоящее исследование.

Методика

Опыты проведены на 24 крысах-самцах линии Вистар массой 160—200 г. По сроку исследования животные были разделены на две подгруппы.

Воздействие на крыс НГГ осуществляли в проточной камере, продуваемой азотно-кислородной газовой смесью, содержащей 8 % кислорода. Время пребывания животных в камере составляло 15 и 25 мин. По истечении указанного времени проводили забор крови (0,02 мл) из хвостовой вены сразу после гипоксического воздействия, через 12, 24 ч и 3, 6, 8—9 сут. Кровь исследовали по описанной ранее методике [3, 4, 7, 9] на спектрофотометре СФ-26 с применением круглой диафрагмы [3, 9]. При этом определяли диаметр и объем эритроцитов, показатель их преломления, относительное (рассчитанное на 100 мл) содержание сухого вещества и воды в эритро-

ците, содержание гемоглобина
троцитов и гемоглобина в крови

Результаты обрабатывали
параметрических и непараметри-

Результаты и их обсуждение

Проведенные исследования крови (ЭПК) весьма чувствительны, причем выраженные показатели характерны для гипоксического состояния эритроцитов. Деятельные и статистически значимые изменения наблюдались лишь в период, непосредственно после воздействия, и умеренные изменения в отдаленные сроки эритроцитов, их число и содержание гемоглобина на 6—8-е сутки постгипоксического периода.

При этом анализ показал, что первоначальное генезис было, по-видимому, обусловлено кровяного депо в кровеносной системе. Однако полученные в настоящее время констатации самого охарактеризовать функции эритроцитов. Показано (см. таблицу) кратковременной НГГ, что с увеличением среднего объема эритроцитов при достаточном содержании гемоглобина. В отличие от кратковременной НГГ характерно с увеличением эритроцитов, содержащих

Характеристика физико-химических показателей периферической крови крыс в постгипоксический период ($M \pm m$)

Срок исследования	Диаметр эритроцитов, мкм ³	Объем эритроцитов, мкм ³	Показатель преломления эритроцитов	Содержание		в эритроците		Плотность эритроцитов, ·10 ³ кг/м ³
				сухого вещества (массовая доля), %	воды (объемная доля), %			
				15-минутная		гипоксия		
До воздействия	4,13±0,03	36,65±0,68	1,074±0,0005	44,48±0,32		66,23±0,22	1,111±0,0007	
После воздействия сразу	4,19±0,03	38,38±0,81	1,071±0,0003*	42,67±0,35*				
через 12 ч	4,13±0,04	36,82±0,97	1,074±0,0012	44,62±0,64		68,00±0,44*	1,1067±0,0021*	
через 24 ч	4,12±0,03	36,65±0,79	1,074±0,0012	44,84±0,70		66,53±0,57	1,1116±0,0020	
через 3 сут	4,15±0,03	37,37±0,85	1,073±0,0008	43,33±0,47		66,36±0,55	1,1122±0,0018	
через 6 сут	4,09±0,03	35,83±0,83	1,073±0,0008	44,48±0,47		67,06±0,35	1,1099±0,0012	
через 8 сут	4,03±0,03	34,27±0,90*	1,074±0,0008	44,73±0,46		66,63±0,34	1,1112±0,0012	
						66,42±0,34	1,1118±0,0011	
				25-минутная		гипоксия		
До воздействия	4,13±0,03	36,65±0,62	1,074±0,0005	44,48±0,52		66,23±0,22	1,111±0,0007	
После воздействия сразу	4,19±0,04	38,32±0,99	1,073±0,0006	44,09±0,56				
через 12 ч	4,09±0,03	36,31±1,00	1,075±0,0009	44,37±0,58		66,67±0,80	1,110±0,0010	
через 24 ч	4,09±0,03	36,07±1,03	1,074±0,0008	44,28±0,68		66,20±0,43	1,113±0,0016	
через 3 сут	4,05±0,03*	34,65±0,77*	1,074±0,0008	44,78±0,62		65,97±0,46	1,113±0,0016	
через 6 сут	4,02±0,03*	34,19±0,65*	1,075±0,0008	45,21±0,55		66,31±0,45	1,112±0,0016	
через 8 сут	4,02±0,03*	34,26±0,81*	1,076±0,0007*	45,95±0,51*		66,28±0,40	1,114±0,0016	
через 10 сут	4,02±0,03*	33,11±0,71*	1,076±0,0006*	46,29±0,51*		65,52±0,36*	1,115±0,0012*	
						64,72±0,31*	1,117±0,0011*	

* $P < 0,05$ (по отношению к фоновым значениям).

ците, содержание гемоглобина в одном эритроците, его плотность, концентрацию эритроцитов и гемоглобина в крови.

Результаты обрабатывали методом вариационной статистики с использованием параметрических и непараметрических критериев [6].

Результаты и их обсуждение

Проведенные исследования показали, что эритроциты периферической крови (ЭПК) весьма чувствительны к изменениям оксигенации организма, причем выраженная направленность и продолжительность сдвига показателей характеризующих ФХСЭ, а следовательно, и функциональное состояние эритроцитов [2, 5, 8, 10], зависят от интенсивности гипоксического удара. Действительно, 15-минутная НГГ вызывала значительные и статистически достоверные сдвиги изучаемых показателей лишь в период, непосредственно следующий за гипоксическим воздействием, и умеренные изменения лишь таких показателей, как размер эритроцитов, их число и содержание эндоэритроцитарного гемоглобина на 6—8-е сутки постгипоксического периода (таблица).

При этом анализ полученных результатов свидетельствует о том, что первоначальное генерализованное изменение показателей ФХСЭ было, по-видимому, обусловлено экстренным переходом эритроцитов из кровяного депо в кровеносное русло. Такое предположение вполне согласуется с многочисленными литературными данными [1, 2, 5, 10]. Однако полученные в наших исследованиях результаты позволяют, кроме констатации самого факта выброса депонированных эритроцитов, охарактеризовать функциональные свойства таких форменных элементов. Показано (см. таблицу), что эритроциты, перешедшие в кровь при кратковременной НГГ, отличаются рядом особенностей: относительным увеличением среднего объема, связанным с набуханием, уменьшением плотности при достаточно стабильном содержании эндоэритроцитарного гемоглобина. В отличие от этого, следовая реакция после однократной кратковременной НГГ характеризуется относительной стимуляцией эритропоэза с увеличением в периферической крови числа более мелких эритроцитов, содержащих пониженное количество эндоэритроцитарного

покси		ческий период ($M \pm m$)				
ожание	в эритроците		Плотность эритроци- та, $\cdot 10^3$ кг/м ³	Содержание гемогло- бина в эритроците, пг	Концентрация в крови	
	воды (объемная доля), %	ства н), %			эритроцитов, 10^9 /мл	гемоглобина, г/л
Гипоксия						
32	66,23 $\pm$ 0,22	1,111 $\pm$ 0,0007	16,54 $\pm$ 0,27	6,00 $\pm$ 0,15	100,6 $\pm$ 2,4	
35*	68,00 $\pm$ 0,44*	1,1067 $\pm$ 0,0021*	16,37 $\pm$ 0,25*	6,80 $\pm$ 0,22*	111,1 $\pm$ 3,5	
34	66,53 $\pm$ 0,57	1,1116 $\pm$ 0,0020	16,42 $\pm$ 0,32	6,22 $\pm$ 0,23	101,9 $\pm$ 2,9	
70	66,36 $\pm$ 0,55	1,1122 $\pm$ 0,0018	16,41 $\pm$ 0,26	6,30 $\pm$ 0,22	103,3 $\pm$ 3,0	
17	67,06 $\pm$ 0,35	1,1099 $\pm$ 0,0012	16,40 $\pm$ 0,32	6,18 $\pm$ 0,24	101,2 $\pm$ 3,5	
17	66,63 $\pm$ 0,34	1,1112 $\pm$ 0,0012	15,91 $\pm$ 0,34	6,53 $\pm$ 0,28	104,7 $\pm$ 3,4	
16	66,42 $\pm$ 0,34	1,1118 $\pm$ 0,0011	15,30 $\pm$ 0,36*	6,71 $\pm$ 0,31*	104,8 $\pm$ 2,0	
Гипоксия						
32	66,23 $\pm$ 0,22	1,111 $\pm$ 0,0007	16,51 $\pm$ 0,27	6,20 $\pm$ 0,15	105,6 $\pm$ 2,4	
16	66,67 $\pm$ 0,80	1,110 $\pm$ 0,0010	16,86 $\pm$ 0,42	6,78 $\pm$ 0,20*	115,1 $\pm$ 4,5*	
8	66,20 $\pm$ 0,43	1,113 $\pm$ 0,0016	16,33 $\pm$ 0,35	6,43 $\pm$ 0,22	104,3 $\pm$ 3,6	
8	65,97 $\pm$ 0,46	1,113 $\pm$ 0,0016	16,33 $\pm$ 0,38	6,33 $\pm$ 0,28	101,7 $\pm$ 4,1	
2	66,31 $\pm$ 0,45	1,112 $\pm$ 0,0016	15,48 $\pm$ 0,24*	6,91 $\pm$ 0,22*	106,9 $\pm$ 3,7	
5	66,28 $\pm$ 0,40	1,114 $\pm$ 0,0016	15,45 $\pm$ 0,22*	7,15 $\pm$ 0,22*	110,2 $\pm$ 3,1	
1*	65,52 $\pm$ 0,36*	1,115 $\pm$ 0,0012*	15,70 $\pm$ 0,26*	7,11 $\pm$ 0,27*	110,8 $\pm$ 3,7	
1*	64,72 $\pm$ 0,31*	1,117 $\pm$ 0,0011*	15,77 $\pm$ 0,22*	7,32 $\pm$ 0,30*	114,4 $\pm$ 4,4*	

гемоглобина, что, однако, на фоне достоверного повышения концентрации эритроцитов не сказывается на содержании общего гемоглобина. Иная ситуация возникает при увеличении продолжительности НГГ (см. таблицу). В условиях возрастающей интенсивности гипоксического воздействия сразу после перевода животных на дыхание атмосферным воздухом регистрируют лишь некоторое компенсаторное повышение концентрации эритроцитов и гемоглобина в крови, т. е. увеличение кислородной емкости крови, тогда как остальные показатели ФХСЭ достоверно не отличаются от таковых в контроле. Последний факт, по-видимому, может быть обусловлен своеобразным ингибированием способности организма к дальнейшему переходу депонированных эритроцитов в кровь при усугубляющейся гипоксии. Не исключена и возможность определенной модификации некоторой части циркулирующих эритроцитов непосредственно в крови под влиянием гипоксемии, ацидоза и существенных метаболических расстройств. Во всяком случае, и абсолютный, и относительный прирост концентрации эритроцитов и гемоглобина у животных, находящихся в гипоксической среде 25 мин, оказался в 1,26 раза меньше, чем при 15-минутной экспозиции. Косвенным подтверждением внутрисосудистого повреждения эритроцитов при увеличении продолжительности гипоксии является и достоверно более ранняя и более существенная активация эритропоэза в постгипоксический период. Действительно, уже с 3-х суток постгипоксического периода в периферической крови у данной группы животных достоверно увеличивается число эритроцитов уменьшенного диаметра, содержащих сниженное количество эндоэритроцитарного гемоглобина, а с 6-х — достоверное повышение плотности эритроцитов, что к концу первой недели закономерно приводит к увеличению показателя преломления эритроцитов. При этом, если повышение концентрации эритроцитов у животных, подверженных относительно длительной НГГ, составляло на 8-е сутки 19 %, то у первой группы животных оно было в 1,58 раза меньше.

Таким образом, полученные результаты позволяют считать, что более выраженная по продолжительности нормобарическая гипоксическая гипоксия первоначально оказывает несущественное действие, вызывая менее генерализованные изменения основных показателей физико-химических свойств эритроцитов периферической крови, но может оказывать более существенный стимулирующий эффект на систему эритропоэза в постгипоксический период.

T. G. Sviridova, V. A. Vorontsov, A. B. Khairullina, L. V. Stepovik

A CHARACTERISTIC OF PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF THE CIRCULATING ERYTHROCYTES IN POSTHYPOXIA PERIOD

The normobarometric hypoxic hypoxia stimulates different alterations in the fundamental parameters of physicochemical properties of the peripheral blood erythrocytes and has a stimulating effect on the system of the erythropoiesis in posthypoxia period.

Medical Institute, Ministry of Public Health of the USSR, Orenburg.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горожанин Л. С. Экспериментальные материалы по изучению механизмов стимуляции при гипоксии // Состав и регуляция вегетативных функций в здоровом организме человека и животных. — Владимир, 1975. — Ч. 1. — С. 16—18.
2. Иржак Л. И. Эритроциты как объект воздействия измененной газовой среды // Действие изменений газовой среды на живой организм. — Пермский госуниверситет, 1981. — С. 3—10.
3. Кленин В. И., Степовик Л. В., Хайруллина А. Б., Чемолосов Ю. Б. Определение относительного показателя преломления, размеров и концентрации эритроцитов по спектру мутности // Биофизика, 1978. — № 4. — С. 658—668.
4. Методические указания по изучению физико-химических свойств эритроцитов периферической крови с помощью метода спектра мутности / Сост. Воронцовым В. А., Хайруллиной А. Б., Степовик Л. В., Ткаченко Г. Б. — Оренбург, 1985. — 45 с.

5. Ненашев А. А., Тищенко И. эритроцитов при различных С. 134—136.
6. Поляков Л. Е. Статистический анализ. — Л.: Медицина, 1971.
7. Свиридова Т. Г., Воронцов В. А. Свойства эритроцитов при гипоксии и эксперим. терапия, 1978.
8. Одинокоева В. А., Квитко И. эритроцитарных мембран и их свойства. — М.: Наука, 1985. — № 10. — С. 10—15.
9. Хайруллина А. Б., Степовик Л. В. Метод спектра мутности для определения физико-химических свойств эритроцитов. — М.: Наука, 1985. — С. 127—128.
10. Scaro J. L., Miranda C., Ca. in the mouse // Experientia, 1978.

Оренбург. мед. ин-т
М-ва здравоохранения СССР

5. Ненашев А. А., Тищенко И. М. Определение функциональной активности популяции эритроцитов при различных гипоксических состояниях // Лаб. дело, 1986.— № 3.— С. 134—136.
6. Поляков Л. Е. Статистические методы исследования в медицине и здравоохранении.— Л.: Медицина, 1971.— 199 с.
7. Свиридова Т. Г., Воронцов В. А., Рябов В. Д. и др. Изменения физико-химических свойств эритроцитов при некоторых опухолевых заболеваниях // Патол. физиология и эксперим. терапия, 1983.— № 6.— С. 3—5.
8. Одиноква В. А., Квитко И. И., Ольшанский А. Я. Морфофункциональные изменения эритроцитарных мембран при некоторых экстремальных состояниях // Совет. медицина, 1985.— № 10.— С. 20—23.
9. Хайруллина А. Б., Степовик Л. В., Воронцов В. А. Опыт клинического применения метода спектра мутности для получения дополнительной информации о физико-химических свойствах эритроцитов периферической крови // Лаб. дело, 1981.— № 2.— С. 127—128.
10. Scaro J. L., Miranda C., Carrera M. A. Systemic oxygen transport and erythropoiesis in the mouse // Experientia, 1984.— 40, N 4.— P. 348—350.

Оренбург. мед. ин-т
М-ва здравоохранения СССР

Материал поступил
в редакцию 17.02.89