

Т.Д.КИМ, К.Т. ТАШЕНОВ, З.Ш. СМАГУЛОВА,  
С.Г. МАКАРУШКО, Е.О.ОСТАПЧУК

## РОЛЬ АДСОРБЦИОННО-ТРАНСПОРТНОЙ ФУНКЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ В СОХРАНЕНИИ ГОМЕОСТАЗА В КРОВИ ПРИ ОТРАВЛЕНИИ ЖИВОТНЫХ СОЛЯМИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Исследована адсорбционно-транспортная способность мембран эритроцитов при отравлении животных солями цинка, меди, свинца. Выявлено: при отравлении солью цинка наблюдается увеличение адсорбционной способности мембран эритроцитов и в смыках эритроцитов отравленных животных по сравнению с контролем отмечено увеличение содержание общего белка, глюкозы, щелочной фосфатазы, холестерина. Ниже контрольных показателей содержание общего белка, альбуминов, холестерина и глюкозы в смыках эритроцитов при интоксикации организма солью свинца, а содержание щелочной фосфатазы и триглицеридов завышены, как следствие действия соли свинца на клетки печени и поджелудочной железы. При отравлении солью меди адсорбционно-транспортная функция эритроцитов значительно угнетена для всех исследуемых показателей.

Тотальное загрязнение окружающей среды и ставшая, в связи с этим актуальной проблема адаптации живого организма в окружающей среде, ставит перед учеными задачу исследования адаптационных механизмов в организме при раз-

личных стрессовых ситуациях и интоксикациях. Не секрет, что содержание ионов тяжелых и токсичных металлов в воздухе в разы превышает норму, особенно в больших мегаполисах. В поисках механизмов адаптации мы остано-

Таблица 1. Биохимические показатели в смыках эритроцитов крови кроликов при отравлении солью цинка

Показатели	Контроль	Соль Zn	Соль Zn+ тагансорбент
Общий белок, г/л	20,0±2,4	39,4±8,8 *	42,2±4,5 **
Альбумин, г/л	13,0±2,7	26,2±6,6	41,6±17,8
Холестерин, мМ/л	0,8±0,2	1,3±0,3 ***	1,3±0,2 ***
Глюкоза, М/л	3,7±0,2	4,4±0,3	5,9±0,7 **
Щелочная фосфатаза, Е/л	18,2±2,1	10,3 ±1,8*	21,6±5,8 *

Примечание – Изменение статистически достоверно:  
\*-p<0,05, \*\*- p<0,01, \*\*\*- p<0,001

вились на способности мембран эритроцитов крови адсорбировать продукты обмена веществ, когда в плазме крови наблюдается их избыток и отдавать при недостатке тех или иных веществ, поддерживая гомеостаз в крови. Принимая во внимание общий объем и площадь адсорбции массы эритроцитов, нельзя пренебрегать их ролью в обеспечении тканей питательными веществами. Известно, что адсорбированные на поверхности мембран эритроцитов белки и другие продукты обмена в условиях стресса пополняют дефицит питательных веществ в плазме крови [1].

**Методы исследования.** В условиях острых опытов на кроликах под тиопенталовым наркозом (50 мг/кг массы животного) провели контрольную, опытную серию и серию с добавлением к корму природного адсорбента. В животным опытной серии давали раствор солей тяжелых металлов (100 мг на голову), а в третьей серии добавляли раствор тагансорбента (1г/кг). В портальной крови определяли: общий белок, альбумины, глюкозу, холестерин, щелочную фосфатазу и триглицериды на биохимическом анализаторе А 25.

Для изучения адсорбционно-транспортных функций эритроцитов кровь стабилизировали гепарином (2-3 ед/мл). После центрифugирования (5 мин при 1500 об/мин) кровь разделяли на плазму и эритроцитарную массу. Исследуемые вещества с мембран эритроцитов смывали путем добавления и перемешивания с 3% раствором NaCl в количестве, равной объему слитой плазмы. В смыках с эритроцитами определяли: общий белок, альбумины, холестерин, глюкозу, щелочную фосфатазу и триглицериды на биохимическом анализаторе А 25.

**Результаты исследования и их обсуждение.** При отравлении солью цинка наблюдали увеличение общего белка в плазме крови с 69,9±11,3 до 73,7±10,6; альбуминов – с 24,8±1,6 до 32,1±2,2; глюкозы – с 9,9±2,7 до 12,3±2,2; уменьшение холестерина с 3,4±0,6; щелочной фосфатазы с 79,8±4,7 до 43,4±1,4, что говорит об угнетении синтеза холестерина в печени. Снижение концентрации щелочной фосфатазы может свидетельствовать о процессе анемии вызванном отравлением солью цинка. В поисках механизмов защитной функции организма при цинковой интоксикации нами были проведены биохимические исследования по изучению адсорбционной способности эритроцитов, результаты которых представлены в таблице 1.

Из данных таблицы видно, что в смыках эритроцитов показатель общего белка увеличивался на 97,0% (рисунок 1), альбуминов – на 101,5%, глюкозы – на 18,9 % и холестерина – на 62,5 %. Снижение содержания щелочной фосфатазы на 43,5 % в заданных условиях свидетельствует о развитии процессов анемии.

Эти данные позволяют говорить, во-первых, о существовании гомеостатирующей функции эритроцитов, направленной на обеспечение питательными веществами клетки органов и тканей при цинковом отравлении, и, во-вторых, – о механизме развития анемии в данных условиях, т.к. повышенная адсорбционная способность эритроцитов может отрицательно отразиться на ее основной функции. Значительное увеличение концентрации альбуминов, общего белка, холестерина, глюкозы в смыках эритроцитов при цинковой интоксикации можно объяснить еще и изменением кислотно-щелочного баланса. Так, на фоне цинкового отравления pH крови отклонялся

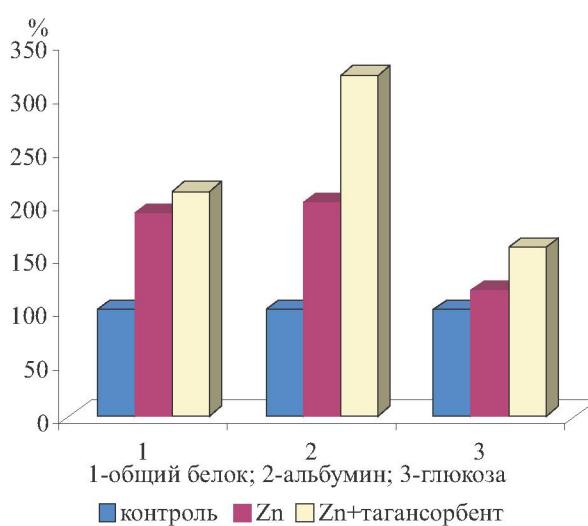


Рис. 1. Изменение общего белка, альбуминов, глюкозы в смыках эритроцитов крови при затравке солью цинка

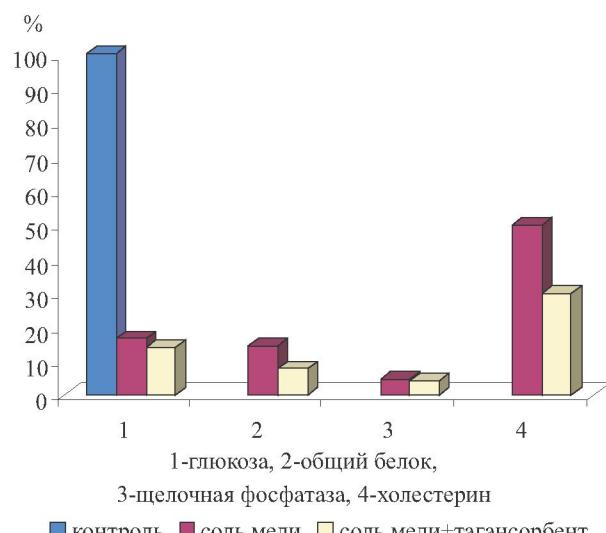


Рис. 2. Процентное содержание глюкозы, общего белка, щелочной фосфатазы и холестерина в смыках эритроцитов при введении соли меди

в щелочную сторону ( $7,145 - 7,470$ ). По данным литературы [2] при основных значениях pH возрастает адсорбционная способность эритроцитов.

При введении соли меди концентрация общего белка в крови составила  $48,9 \pm 4,5$  по сравнению с контролем –  $12,1 \pm 0,2$  г/л, содержание глюкозы менялось с  $4,6 \pm 0,5$  до  $11,1 \pm 1,0$  мМ/л, холестерина с  $1,18 \pm 0,2$  до  $2,1 \pm 0,5$  мМ/л. Добавление в корм тагансорбента не оказывало существенного влияния. Концентрация щелочной фосфатазы возрасстала под влиянием соли меди с  $39,8 \pm 0,1$  до  $51,6 \pm 2,9$  Е/л (таблица 2).

В смыках с мембран эритроцитов наблюдали значительное снижение содержания исследуемых показателей, что свидетельствует об угнетении адсорбционно-транспортной функции эритроцитов в условиях отравления солью меди. Так, содержание общего белка снизилось с  $43,2 \pm 5,6$  до  $6,3 \pm 0,3$  г/л, глюкозы – с  $13,3 \pm 2,0$  до  $2,2 \pm 0,02$  мМ/л, холестерина – с  $2,2 \pm 0,3$  до  $1,13 \pm 0,1$  мМ/л. Щелочная фосфатаза менялась с  $39,8 \pm 2,3$  до  $1,8 \pm 0,01$  Е/л. На рисунке 2 приведены процентные соотношения исследуемых показателей.

Угнетение адсорбционно-транспортной функции эритроцитов при интоксикации солью меди можно объяснить образованием прочных металлобелковых, в частности, с гемоглобином, связей на мемbrane эритроцитов. Из литературы известно об активном средстве  $\text{Cu}^{2+}$  к SH-группам мембран эритроцитов, что снижает адсорбционную способность мембран эритроцитов по

отношению к белкам, глюкозе, холестерину. Повышенные показатели общего белка, глюкозы, холестерина и щелочной фосфатазы в крови также говорят в пользу снижения адсорбционной способности мембран эритроцитов.

При отравлении солью свинца показатели общего белка, глюкозы и щелочной фосфатазы в крови увеличивались, а содержание холестерина незначительно снижалось. На таблице 3 представлены средние величины исследуемых показателей.

В смыках эритроцитов мы наблюдали угнетение адсорбционно-транспортной функции мембран эритроцитов. Так, показатели общего белка, холестерина и глюкозы снизились по сравнению с фоном, а содержание щелочной фосфатазы увеличилось, что является следствием интоксикации клеток печени при отравлении ацетатом свинца. На таблице 4 представлены средние данные исследуемых показателей в смыках эритроцитов.

Процентные соотношения показателей на рисунке 3 также наглядно показывают снижение концентрации общего белка, глюкозы и холестерина и увеличение содержания щелочной фосфатазы.

Таким образом, соли тяжелых металлов по-разному влияют на адсорбционно-транспортную функцию эритроцитов. При введении в организм соли цинка адсорбционно-транспортная способ-

Таблица 2. Биохимические показатели в плазме крови кроликов при введении соли меди и тагансорбента

Показатели	Среда	Контроль	CuSO <sub>4</sub>	CuSO <sub>4</sub> +тагансорбент
Глюкоза, мМ/л	в плазме	4,6±0,5	11,1±1,0 ***	12,84±2,1
Общий белок, г/л	в плазме	12,1±0,2	48,9±4,5 ***	43,2±7,2
Холестерин, мМ/л	в плазме	1,18±0,2	2,1±0,5	2,49±0,5
Щелочная фосфатаза, Е/л	в плазме	39,8±0,1	51,6±2,9 ***	82,3±7,3 **

Примечание – Изменение статистически достоверно:  
\*-p<0,05, \*\*- p<0,01, \*\*\*- p<0,001

Таблица 3. Содержание биохимических показателей в плазме крови портальной вены при свинцовом отравлении и при введении ацетата свинца с протектором

Показатели	Контроль	Ацетат свинца	Ацетат свинца +протектор
Общий белок, г/л	42,1±0,2	59,5±3,2*	62,37±4,1**
Холестерин, мМ/л	1,18±0,2	0,94±0,2	1,12±0,3
Щелочная фосфатаза, У/Л	39,87±1,0	85,6±11,4***	76,8±6,9***
Глюкоза, мМ/л	4,6±0,5	11,0±0,6***	12,5±0,7***

Примечание: Изменение статистически достоверно:  
\*-p<0,05, \*\*- p<0,01, \*\*\*- p<0,001

Таблица 4. Содержание биохимических показателей в смывах с мембран эритроцитов кроликов при отравлении солью свинца и при введении ацетата свинца с тагансорбентом

Параметры	Контроль	Ацетат свинца	Ацетат свинца+протектор
Общий белок, г/л	17,2±0,7	11,74±1,5**	10,2±0,5**
Холестерин, мМ/л	0,8±0,01	0,6±0,2	0,16±0,02***
Щелочная фосфатаза, У/Л	9,8±2,3	18,1±1,8***	12,7±2,3
Глюкоза, мМ/л	5,9±0,04	2,5±0,17***	1,89±0,05***

Примечание: Изменение статистически достоверно:  
\* - p<0,05, \*\* - p<0,01, \*\*\* - p<0,001

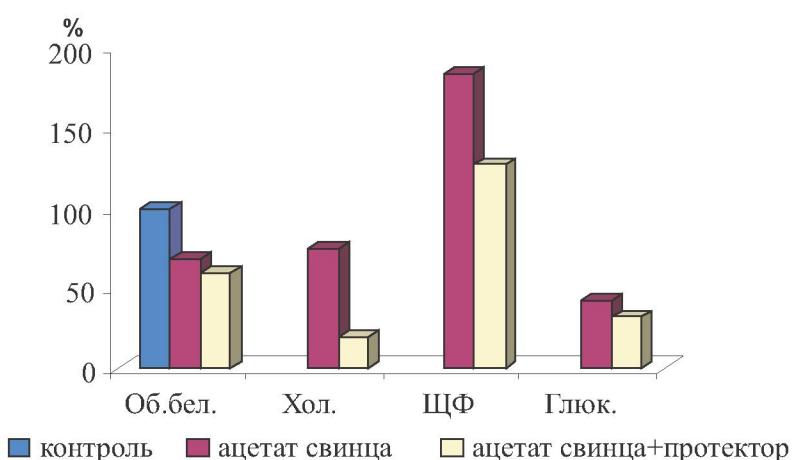


Рис. 3. Процентное содержание общего белка, холестерина, щелочной фосфатазы, глюкозы в смывах с мембран эритроцитов при отравлении солью свинца и введении животным тагансорбента

ность эритроцитов увеличивается, а интоксикация солью меди значительно угнетает эту функцию эритроцитов. Отравление солью свинца также приводило к угнетению адсорбционной способности эритроцитов, но в меньшей степени, чем при интоксикации солью меди. Учитывая тот факт, что адсорбционная способность мембран эритроцитов является одним из механизмов сохранения ряда веществ в плазме крови в определенных диапазонах нормы, по содержанию веществ в смыках эритроцитов можно судить об активизации или угнетении синтетических процессов в организме при различных воздействиях. Так, при отравлении солью цинка, возможно, происходит перенасыщение количества белка, липидов, глюкозы в крови, тогда как соли меди, по-видимому, значительно угнетают синтетическую функцию печени, тонкого кишечника и являются более токсичными для организма.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гареев Р.А. Некоторые итоги исследований и перспективы изучения адсорбционно-транспортной функции эритроцитов // 2010. Вестник КазНУ, серия биологическая, №2(44).

2. Сакенов Р.Т., Гареев Р.А., Ким Т.Д. Влияние сдвига кислотно-основного состояния на состав метаболитов плазмы и эритроцитарных смыков // В кн.: Тезисы международного симпозиума «Физиология и патология лимфатической системы». 2006. С.60.

#### Резюме

Жануарларды мырыш, мыс, корғасын тұзымен уландыру жағдайындағы эритроциттер мембранасының адсорбциялық-тасымалдау қабілеті зерттелді. Мырыш тұзымен улану барысында эритроциттер мембранасының адсорбциялық қабілеті артқаны және эритроцит шайындыларында бақылау кезеңімен салыстырганда жалпы белок, глюкоза, сілтілі фосфатаза, холестерин мөлшері жоғарылағаны байқалды. Организмнің қорғасын тұзымен улануы кезінде эритроцит шайындыларындағы жалпы белок, альбумин, холестерин және глюкоза деңгейі бақылаумен салыстырганда төмен болса, қорғасын тұзының үйқы безі мен бауыр клеткаларына әсерінен сілтілі фосфатаза мен үшглициерид мөлшері артты. Мыспен улану кезінде барлық қөрсеткіштер мөлшері артты. Мыспен улану кезінде барлық қөрсеткіштер үшін эритроциттер мембранасының адсорбциялық-тасымалдау қабілеті айтарлықтай бәсендейді.

#### Summary

Studied the adsorption and transport capacity of erythrocyte membranes in animal poisoning by salts of zinc, copper, lead. Revealed: in cases of poisoning zinc salt an increase in the adsorption capacity of erythrocyte membranes and erythrocyte washings poisoned animals compared with controls marked increase in total protein, glucose, alkaline phosphatase, and cholesterol. Below the benchmark, total protein, albumin, cholesterol and glucose in the washings of erythrocytes in lead poisoning of the body salt and the content of alkaline phosphatase and triglyceride levels are overestimated, as a consequence of lead salts on the cells of the liver and pancreas. If poisoning salt of copper adsorption-transport function of red blood cells significantly inhibited for all the indicators.

РГП «Институт физиологии  
человека и животных»

г. Алматы

Поступила 21.12.2010 г.