

3. Демидов В. А., Овсянников В. И. Значение силы раздражителя в проявлении реакций емкостных сосудов тонкого кишечника на катехоламины.— Физиол. журн., 1978, 24, № 6, с. 757—761.
4. Катунский А. Я., Хаютин В. М. Усиление констрикторной реакции при повышении миогенного тонуса ангиотензином.— Физиол. журн. СССР, 1964, 50, № 10, с. 1239—1244.
5. Конради Г. П. Регуляция сосудистого тонуса.— Л.: Наука, 1973.— 325 с.
6. Кудряшов Ю. А. Периферические механизмы реакций емкостных сосудов тонкого кишечника на норадреналин.— Физиол. журн. СССР, 1977, 63, № 4, с. 557—564.
7. Левтов В. А. Особенности местных вазомоторных реакций, вызываемых ацетилхолином при различных условиях перфузии.— В кн.: Вопросы регуляции кровообращения.— Л.: Наука, 1963, с. 64—84.
8. Мухин Е. А., Парий Б. И., Гикавый В. И. Фармакология гипертензивных средств.— Кишинев: Штиинца, 1974.— 118 с.
9. Мухин Е. А., Гикавый В. И., Парий Б. И. Гипертензивные средства.— Кишинев: Штиинца, 1983.— 196 с.
10. Ткаченко Б. И. Венозное кровообращение.— Л.: Медицина, 1979.— 223 с.
11. Удельнов М. Г., Кулагина В. П. Проблемы реактивности сосудов в механизме регуляторных и фармакологических влияний на кровоток.— Успехи совр. биологии, 1973, 75, № 1, с. 128—148.
12. Хаютин В. М. Сосудодвигательные рефлексы.— М.: Наука.— 375 с.

Ин-т эксперим. медицины АМН СССР,
Ленинград, Кишинев, мед. ин-т.

Поступила 31.03.83

УДК 612.015.31:612.11

А. И. Воробей, Б. Е. Есипенко

ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ КАЛИЯ В КРОВИ НА НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СИСТЕМЫ КРОВИ У КРЫС

Участие различных органов и систем в гомеостазисе калия подтверждается зависимостью содержания калия в органах от его концентрации в крови [9], в частности — в ткани печени при инфузии в воротную вену раствора хлористого калия [1]. Отмечено увеличение содержания калия в эритроцитах у быков после внутривенного введения раствора хлористого калия [3] и у людей после однократного приема внутрь этого раствора [2].

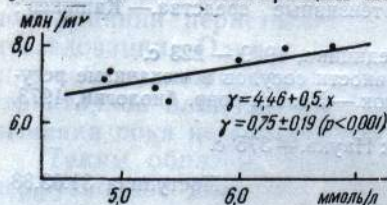
Мы исследовали некоторые показатели крови при повышении концентрации калия в крови, достигаемом внутривенной инфузией растворов хлористого калия и увеличением содержания калия в пищевом рационе.

Методика. В опытах на крысах определяли концентрацию калия в плазме крови и его содержание в эритроцитах и ряд показателей крови при содержании крыс в течение 6 сут на богатом калием рационе (5 г гороха + 15 мл молока на крысу массой 200 г), что обеспечивало поступление в организм животных 50—60 мг калия, т. е. вдвое большего количества, чем в контрольных опытах. В других опытах повышение концентрации калия в крови достигали инфузией в кровь в течение 20 мин с постоянной скоростью растворов хлористого калия в количестве, превышающем в 2, 4 и 5 раз его расчетное содержание в сосудистом русле. Различные количества хлористого калия вводили в постоянном объеме. Пробы крови брали через 5 мин после окончания инфузии раствора.

Для выделения эритроцитов животных забивали, кровь собирали в гепаринизированную пробирку и центрифугировали в течение 30 мин при 2500 об/мин. Плазму отсасывали для определения в ней концентрации калия. Оставшуюся плазму и лейкоциты удаляли, а эритроциты центрифугировали дополнительно в течение 5 мин при 3000 об/мин. Появившийся после повторного центрифугирования небольшой слой плазмы и часть эритроцитов снова удаляли. Полученную таким образом эритроцитарную массу использовали для определения в ней концентрации калия методом пламенной фотометрии.

Параллельно с установлением концентрации калия в плазме крови и его содержания в эритроцитах определяли ряд гематологических показателей (гемоглобин, количество эритроцитов, гематокритное число) объем циркулирующей плазмы (с помощью синьки Эванса), объем циркулирующей крови и эритроцитов (расчетным путем), а также процентное содержание воды в эритроцитах высушиванием до постоянного веса. Используя показания гематокрита и количества эритроцитов, рассчитывали индивидуальный объем эритроцитов.

Результаты и их обсуждение. Ежедневное скормливание животным богатого калием корма уже в первые дни приводит к значительному повышению концентрации этого элемента в крови. Максимальное увеличение концентрации калия в плазме крови (на 26 %) наблюдали



Регрессионная зависимость между концентрацией калия в плазме крови (по горизонтальной) и содержанием эритроцитов (по вертикали) в крови крыс, содержащихся на обогащенном калием рационе.

на вторые сутки, тогда как накопление калия в эритроцитах идет медленнее, достигая наибольших величин (повышение на 7 %) лишь на третьи сутки. Это согласуется с известным в литературе положением о низкой транспортной активности эритроцитов [5]. Вместе с тем расчеты, проведенные с учетом объема циркулирующей плазмы и эритроцитов, показали, что содержание калия в плазме крови крысы массой 200 г повышается на вторые сутки с 2,07 до 2,5 мг, т. е. на 0,43 мг, что составляет 20,0 %, а в эритроцитах содержание калия повышалось с 17,7 до 19,7 мг, т. е. на 2,0 мг или на 11,3 %.

Наряду с приведенными данными обнаружено влияние калия на состав красной крови крыс. Наиболее чувствительными к ионным изменениям в плазме оказались гемоглобин крови, количество эритроцитов, гематокритное число и индивидуальный объем эритроцита.

Полученные данные (табл. 1) свидетельствуют о том, что уже после первых двух суток содержания крыс на обогащенном калием корме, наряду с увеличением концентрации калия в плазме крови содержание эритроцитов в сосудистом русле повысилось на 21,3 %, гемоглобина на 16,2 %. Связь концентрации калия в плазме крови с содержанием гемоглобина в крови характеризуется коэффициентом корреляции равном $+0,71 \pm 0,20$ ($p < 0,01$), с концентрацией эритроцитов — $+0,75 \pm 0,19$ ($p < 0,01$), с гематокритным числом — $+0,80 \pm 0,17$ ($p < 0,001$). Количественно эта связь представлена на рисунке. Поскольку объем циркулирующей крови и цветной показатель, т. е. показатель насыщения эритроцитов гемоглобином не изменяются, очевидно, увеличение гемоглобина происходит за счет повышения количества эритроцитов в сосудистом русле.

Гематокритное число достоверно повысилось с $38 \pm 0,8$ в контроле до $42 \pm 0,7$, т. е. на 10,5 %. Однако данные гематокритного числа без сопоставления с другими гематологическими показателями не являются точным критерием количественного и объемного соотношения между плазмой и эритроцитами. Нарастание объемного процента эритроцитов может наблюдаться как при повышенном, так и при сниженном количестве эритроцитов и зависит от индивидуального объема эритроцита [7]. При кормлении животных богатым калием кормом нами отмечено уменьшение объема эритроцита с $57,4 \pm 1,7$ до $52,5 \pm 1,7$ мкм³ (на 8,5 %). Это согласуется с результатами исследований [4], в которых отмечено уменьшение объема эритроцита при повышении концентрации калия в крови при нагрузках хлористым калием. Увеличение концентрации калия в плазме влияет на осмолярность крови. Известно, что осмотическое давление окружающей эритроциты жидкости ответственно за изменение объема эритроцита [7, 12].

Т а
по
Калий
ммоль/
Калий
тов, м
Гемог.
Гемог.
Эритро
млн/м
Гемато
число,
Объем
та, мк
Вода
дитах,
Объем
рующе
(мл/10
Объем
крови
Объем
эритро
Содерж
троц. в
стом р
(млрд)
* — разл
Т
№
1
2
3
4
5
6
7
8
* — разл
Нар
содерж
ма эритро
щих эритро
Для
щенного
лены из

Таблица 1. Изменение показателей крови при содержании крыс на рационе с повышенным количеством калия

Показатели	Контроль	Сутки				
		1	2	3	4	6
	n=14	n=14	n=15	n=12	n=8	n=8
Калий плазмы, ммоль/л	5,4±0,1	6,4±0,4*	6,8±0,4*	6,0±0,5	4,9±0,5	5,3±0,2
Калий эритроцитов, ммоль/л	70,7±2,9	70,2±3,7	74,0±1,3	76,0±2,9	75,5±6,8	72,0±4,6
Гемоглобин, г %	11,7±0,3	13,2±0,2*	13,6±0,3*	13,1±0,2*	12,8±0,3*	12,2±0,3
Гемоглобин, %	70,3±2,0	79,6±1,2*	81,5±1,6*	79,0±1,3*	77,1±2,1*	73,0±1,7
Эритроциты, млн/мм ³	6470±161,7	7830±218,4*	7850±257,5*	7500±283,2*	7120±278,1*	6870±171,1
Гематокритное число, %	38±0,8	41±0,6*	42±0,7*	41±0,5*	41±1,1*	39±1,4
Объем эритроцитов, мкм ³	57,4±1,7	52,5±1,6*	53,8±1,8	53,8±1,7	57,8±1,9	57,0±1,3
Вода в эритроцитах, %	66,6±0,2	66,3±0,3	66,5±0,3	66,6±0,4	66,4±0,4	67,1±1,0
Объем циркулирующей плазмы (мл/100)	4,9±0,3	4,7±0,3	4,7±0,3	4,9±0,3	4,8±0,4	4,9±0,3
Объем циркуляр. крови (мл/100)	8,0±0,5	8,2±0,5	8,1±0,1	8,1±0,4	8,0±0,8	8,2±0,6
Объем циркуляр. эритроц. (мл/100)	3,2±0,2	3,3±0,2	3,4±0,2	3,2±0,1	3,2±0,4	3,2±0,3
Содержание эритроц. в сосудистом русле (млрд)	51954	63892	63428	60750	57173	56196

* — различия с контролем достоверны.

Таблица 2. Изменение показателей крови при различных концентрациях калия в инфузируемом растворе

№	Показатели	Контроль	Повышенная концентрация калия в растворе		
			в 2 раза	в 4 раза	в 5 раз
		n=9	n=9	n=5	n=7
1	Калий плазмы, ммоль/л	5,5±0,3	6,1±0,3	7,4±0,4*	7,2±0,3
2	Калий эритроцитов, ммоль/л	70,7±4,7	70,2±1,8	82,4±6,5*	61,5±5,9
3	Гемоглобин, г %	11,3±0,4	12,5±0,1*	14,2±0,7*	12,4±0,4
4	Гемоглобин, %	68±2,5	75±0,9*	85±4,3*	75±2,5
5	Эритроциты, млн/мм ³	6490±18,8	7620±15,1*	7560±44,3*	7080±18,8
6	Гематокритное число, %	36±1,0	39±0,6	42±1,8*	39±1,0
7	Объем эритроцита, мкм ³	56,2±1,4	51,3±0,7*	55,8±1,5	55,0±2,0
8	Вода в эритроцитах, %	66,1±0,2	66,0±0,2	65,2±1,2	66,6±0,3

* — различия с контролем достоверны.

Наряду с увеличением концентрации эритроцитов в крови и их содержания в сосудистом русле и уменьшением индивидуального объема эритроцита наблюдается небольшое повышение объема циркулирующих эритроцитов, вернее тенденция к его повышению.

Для подтверждения того, что в опытах с использованием обогащенного калием рациона изменения показателей крови у крыс обусловлены изменениями обмена калия, а не другими компонентами пищи, в

других опытах повышение концентрации калия в крови достигали инфузией растворов хлористого калия.

При инфузии хлористого калия в количестве, равном удвоенному его содержанию в сосудистом русле, наблюдали увеличение концентрации калия в плазме крови на 10,9 % (с $5,5 \pm 0,3$ ммоль в контроле до $6,1 \pm 0,3$ ммоль/л) при отсутствии изменений содержания калия в эритроцитах (табл. 2).

Инфузия хлористого калия в количестве, в четыре раза превышающем его содержание в сосудистом русле, вызвала повышение концентрации калия в плазме до $7,4 \pm 0,4$ ммоль/л (на 34,5 %), что сопровождалось увеличением концентрации калия в эритроцитах на 16,5 %.

При определении гематологических показателей крови было отмечено, что инфузия растворов хлористого калия приводит к увеличению гемоглобина, гематокритного числа и количества эритроцитов. Наиболее четкие изменения наблюдались при инфузии хлористого калия в количестве, в четыре раза превышающем его содержание в сосудистом русле. Если в контрольных опытах гемоглобин составлял $11,3 \pm 0,4$ г %, а гематокритное число $36 \pm 1,0$, то при данных условиях опыта они повысились соответственно до $14,2 \pm 0,7$ г % и $42 \pm 1,8$, количество эритроцитов было выше исходного на 16,4 % при уменьшенном индивидуальном объеме эритроцита на 9,0 %.

Увеличение количества эритроцитов при нагрузках растворами хлористого калия, очевидно, свидетельствует о стимулирующем действии калия на выброс эритроцитов в сосудистое русло.

Имеются данные о том, что скормливанием крысам богатого калием рациона можно вызвать у них толерантность к калию [10]. Это положение нашло подтверждение и в наших опытах. Так к шестым суткам содержания крыс на корме, обогащенной калием, а также при значительном увеличении содержания калия в сосудистом русле концентрация калия в плазме и эритроцитах, а также показатели крови (гемоглобин, концентрация эритроцитов, гематокритное число, объем эритроцита) приближаются к исходным. Очевидно, это связано с адаптацией крыс к большим количествам поступившего в организм калия. Известно, что при поступлении избытка солей калия в организм животного, независимо от способа его введения — в вену или с пищей, у крыс наблюдается повышенная экскреция калия почками [6, 8, 11], что приводит к стабилизации обмена калия.

Выводы. Содержание крыс на рационе с повышенным количеством калия, а также нагрузки солевыми растворами калия, приводят не только к увеличению концентрации калия в плазме крови, но и к увеличению его содержания в эритроцитах.

Увеличение концентрации калия в плазме крови сопровождается повышением содержания эритроцитов в сосудистом русле, вследствие чего повышается гемоглобин и гематокритное число при уменьшении индивидуального объема эритроцита.

A. I. Vorobei, B. E. Esipenko

EFFECT OF INCREASING POTASSIUM CONCENTRATION IN BLOOD ON CERTAIN BLOOD SYSTEM INDICES IN RATS

Maintenance of rats on the diet with an elevated potassium amount and loads with potassium salt solutions lead not only to an increase of potassium concentration in the blood plasma, but also to the enhancement of its amount in erythrocytes. Potassium concentration increase in the blood plasma is accompanied by the growth of erythrocyte content in the vascular bed due to which hemoglobin and the hematocrit number grow with a decreased individual volume of erythrocytes.

Institute of Physiology at the Kiev State University