

СОДЕРЖАНИЕ ВОДЫ И ЭЛЕКТРОЛИТОВ В ТКАНЯХ СЕРДЦА
КРОЛИКОВ В УСЛОВИЯХ РАЗНЫХ ВЫСОТ

А. Б. ЗАХАРЯН, А. Г. САРУХАНЫАН

В условиях разных высот методом пламенной фотометрии определено содержание ионов натрия, калия и воды в левом и правом желудочках и предсердиях кроликов. Установлено, что содержание воды и электролитов в ткани разных отделов сердца в условиях малых высот мало подвержено колебаниям и лишь в экстремальных условиях происходит перераспределение ионов натрия и калия.

Ключевые слова: сердце, электролиты, высокогорье.

Установлено, что электролитам мышечной ткани принадлежит важная роль в передаче возбуждения и сокращения мускулатуры и что электролитный состав различных тканей—функционально и структурно дифференцированные системы. Многочисленные исследования показали, что различие в распределении воды и электролитов в отдельных органах и системах зависит не только от деятельности последних, но также и от вида животного [4, 5, 10, 11, 13, 15, 20]. Известно также, что в условиях высокогорья в организме происходит определенная перестройка физиологических функций для приобретения устойчивости, благодаря чему он сохраняет свою жизненную деятельность [7]. Имеются немногочисленные данные о содержании электролитов в общей ткани сердца при длительном пребывании животных в условиях высокогорья [2, 8]. В литературе мы не встречали работ, посвященных изучению электролитного состава разных отделов сердца в условиях высокогорья, за исключением исследования, выполненного в условиях барокамеры [18]. Поэтому в целях раскрытия механизмов приспособления организма в экстремальных условиях изучался электролитный состав желудочков и предсердий в условиях разных высот.

Материал и методика. Исследования проводились на 34 кроликах-самцах массой 2—3 кг на различной высоте: 960 м над ур. м.—12 кроликов (контроль), 2000—15 и 3250 м—7. На 960 и 2000 м опыты проводились на кроликах, родившихся и выросших на местах, а на высоте 3250 м животных завезли за 4 месяца до эксперимента. Для определения содержания воды и электролитов в миокарде желудочков и предсердия кусочки свежей ткани массой 400—600 мг. предварительно освобожденные от крови и жировых наслоений, высушивали до постоянной массы при температуре около 105° 2—3 суток. По разности сырой и сухой массы определяли содержание общей воды в тканях. Точно взвешенное количество сухого остатка помещали в мерную колбу, заливали 0,75 н раствором азотной кислоты и оставляли на 2—3 суток. По окончании экстракции содержимое колб фильтровали и фотометрировали. Содержание электро-

литов в ткани выражали в мэкв/100 г сухого остатка, а содержание воды—в г/100 г сырой ткани. Определение электролитов проводили по методике Румеля и Баженовой [9]. Полученные результаты обработаны методом вариационной статистики.

Результаты и обсуждение. Как показали исследования (табл. I), содержание общей воды в ткани миокарда желудочков и предсердий кроликов оказалось примерно одинаковым. Хотя на высотах 2000 и 3250 м наблюдаются незначительные колебания в содержании воды в ту или иную стороны по сравнению с контролем (от +5,2 до —3,5), однако эти

Таблица I

Содержание воды, г/100 г сырой ткани, и электролитов, мэкв/100 г сухого остатка, в миокарде кроликов, обитающих на разных высотах

Высота над ур. м., м	Отделы сердца	Na	K	Na+K	K/Na	H ₂ O
960	ПЖ	19,0 1,14	31,8 1,04	50,9 1,32	1,66 0,061	78,8 1,72
	ЛЖ	17,1 1,08	35,5 1,32	52,5 1,87	2,05 0,084	79,1 2,18
	ПП	29,7 1,44	24,9 0,98	54,6 1,18	0,85 0,059	77,6 1,63
	ЛП	27,1 1,56	27,1 1,13	54,2 2,01	1,60 0,093	79,9 1,23
2000	ПЖ	18,8 1,03	31,0 0,99	49,8 0,96	1,64 0,077	77,7 1,48
	ЛЖ	18,7 1,42	37,3 1,66	56,0 1,61	1,99 0,091	79,8 1,16
	ПП	30,8 1,63	31,1 0,88	61,9 1,47	1,00 0,062	81,6 3,04
	ЛП	28,0 1,47	30,5 1,12	58,5 1,38	1,07 0,066	80,1 1,82
3250	ПЖ	21,5 1,25	26,2++ 0,53	47,8 1,61	1,23++ 0,086	79,0 3,48
	ЛЖ	16,2 0,47	28,2++ 0,96	44,3++ 1,23	1,71+ 0,071	76,5 1,09
	ПП	23,8 0,89	22,5 1,29	46,5 + 1,32	0,95 0,064	75,0 1,17
	ЛП	24,9 0,59	24,1 1,01	49,1+ 1,48	0,98 0,018	77,3 1,37

Примечание: ПЖ, ЛЖ, ПП, ЛП—соответственно правые и левые желудочки и предсердия; + и ++—достоверность различий, соответствующая $P < 0,05$ и $P < 0,01$.

изменения статистически недостоверны. При определении тканевых электролитов выявлено, что в нормальных условиях содержание калия в желудочках больше, чем натрия, а в предсердиях—одинаково или меньше. В табл. 2 представлены данные о содержании натрия и калия в отделах сердца, полученные различными авторами на разных видах животных и на человеке. Как видим, распределение ионов натрия и калия в тканях миокарда неодинаково. С целью исключения влияния различного рода факторов содержания воды в желудочках и предсердиях на абсолютное содержание натрия и калия в тканях сердца принято вводить коэффициент K/Na . В наших исследованиях отношение K/Na в левом желу-

Таблица 2

Содержание натрия и калия в ткани отделов сердца человека и животных по данным различных авторов

Автор	Объект исследования	Натрий				Калий				Единица измерения
		ПЖ	ЛЖ	ПП	ЛП	ПЖ	ЛЖ	ПП	ЛП	
Семенов Н. Б. [12]	человек	126	99			196	314			мг/100 г вл. ткани
Сальманович В. С. [10]	кролик	45,5	42,3	59,0	56,1	70,0	75,8	58,0	63,7	мэкв/кг сырой ткани
	крыса	44,6	41,6	64,2		79,1	81,2	61,5		мэкв/кг сырой ткани
	собака	39,2	39,0	52,0	50,0	77,0	78,3	59,7	62,3	мэкв/кг сырой ткани
Хант М. М. [14]	человек	145	108	176	173	143	273	128	137	мг%
Яременко М. С. и др. [16]	собака		14,8				44,1			мэкв/100 г сух. ост.
Сальманович В. С. [11]	собака	12,4	12,1	17,0	15,0	38,5	39,0	32,8	35,9	мэкв/100 г сух. ост.
	человек	62,36		77,65		60,97		45,60		мэкв/кг чистой ткани
Шихалеев Б. В. и др. [15]	крыса	53,9	30,4			81,2	71,4			мэкв/кг сыр. ткани
Сотников Ф. Г. [14]	собака	14,2	12,8	19,4	19,4	57,6	59,4	39,3	44,5	мэкв/100 г сух. ост.

дочке больше, чем в правом, и составляет 2,05, а в предсердиях этот коэффициент находится в пределах единицы или меньше.

Определение тканевых электролитов в миокарде желудочков и предсердий показало, что содержание натрия в ткани правого и левого желудочков и предсердий у кроликов на высоте 2000 и 3250 м несколько варьирует, однако эти колебания в основном статистически недостоверны, причем содержание калия претерпевает более заметные сдвиги. Так, на высоте 2000 м содержание калия в правом и левом предсердиях повышается на 8,4 и 12,5% соответственно, а в левом желудочке на 5,1%. На высоте 3250 м отмечалось его снижение во всех отделах сердца, причем в правом и левом желудочках оно оказалось статистически достоверным ($P < 0,01$).

Сопоставление суммарных содержаний натрия и калия в ткани желудочков и предсердий с контролем показало, что в условиях высокогорья (3250 м) имеет место отрицательный баланс электролитов ткани сердца.

Расчеты показали, что отношение K/Na в ткани желудочков и предсердий на высоте 2000 м находится в пределах контрольных величин, и лишь на высоте 3250 м наблюдается понижение этого коэффициента в ткани правого и левого желудочков ($P < 0,01$, $P < 0,02$ соответственно), что связано с уменьшением содержания калия в этих отделах.

Исследованиями Касмалиева [2] показано, что в условиях высокогорья (3250 м) содержание воды и электролитов в ткани меняется в зависимости от срока пребывания. Данные о потере калия и незначительном колебании в содержании натрия и общей воды в ткани миокарда после 60-ти дней пребывания в горах удовлетворительно согласуются с нашими. Увеличение концентрации калия в моче и уменьшение в плазме крови у людей на высоте 3250 м [22] могут свидетельствовать о потере калия организмом в условиях высокогорья. Недельное пребывание на высоте 4300 м приводит к уменьшению количества внутриклеточной жидкости и общей воды [21], в сыворотке крови наблюдается увеличение концентрации калия и магния, а концентрация хлоридов, натрия и кальция не меняется [19]. Исследованиями, проведенными на крысах в условиях барокамеры, показано, что 3-недельное пребывание животных на «высоте» 7200 м приводит к достоверному повышению воды и электролитов в ткани правого желудочка сердца по сравнению с левым [18].

На основании наших и данных других авторов можно заключить, что в условиях высокогорья происходит перераспределение воды и электролитов в крови и тканях организма, причем при сравнительно длительном пребывании обнаруживаются менее выраженные изменения, что, вероятнее всего, можно связывать с приспособлением организма к новым условиям внешней среды. Известно, что при длительном пребывании людей в условиях высокогорья аппарат кровообращения приспособливается так, чтобы сердце работало в более выгодном и экономном режиме [1]. В этой связи интересно заметить, что при даче нагрузки у животных обнаруживается увеличение содержания калия и уменьшение натрия в

сердце правого и левого желудочков. Уменьшение содержания калия в наших экспериментах после 4-х месяцев пребывания животных на высоте 3250 м может свидетельствовать о том, что сердечная мышца в результате адаптации работает в более спокойном режиме.

По изменению соотношений между различными белковыми фракциями и структурными компонентами миокарда в условиях длительной гипоксии Меерсон [6] предполагает, что метаболизм и сократительная функция миокарда становятся более совершенными. В пользу такого предположения говорят и другие исследования [20] показавшие, что у животных (морские свинки, кролики, собаки), родившихся и выросших на высоте 4300 м, отмечается повышение активности сукцинатдегидрогеназы, а лактатдегидрогеназа не меняется.

Таким образом, на высоте 2000 м каких-либо значительных изменений в составе электролитов не наблюдается, а сравнительно длительное пребывание кроликов в условиях высокогорья (3250 м) приводит к потере калия в ткани желудочков сердца; изменения содержания натрия и общей воды незначительны. По-видимому, такое распределение электролитов в ткани миокарда в условиях высокогорья является ответом организма, дающим основу для устойчивой деятельности сердца в изменившихся условиях среды.

Наблюдаемые изменения наталкивают на необходимость проведения исследований по изучению вне- и внутриклеточных концентраций электролитов, что является задачей дальнейших наших экспериментов.

Ереванский физический институт ГКИАЭ

Поступило 30.VIII 1980 г.

ՋՐԻ ԵՎ ԷԼԵԿՏՐՈԼԻՏՆԵՐԻ ՔԱՆԱԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ՀԱԳԱՐՆԵՐԻ ՍՐՏԻ
ԲԱԺԻՆՆԵՐԻ ՀՅՈՒՍՎԱԾՔՆԵՐՈՒՄ՝ ՏԱՐՔԵՐ
ԲԱՐՁՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ

Հ. Բ. ՋԱԲԱՐՅԱՆ, Ա. Գ. ՍԱՐՈՒԽԱՆՅԱՆ

Մովի մակերևույթի տարբեր բարձրությունների վրա որոշված է նստի-
րիումի և կալիումի իոնների և ջրի քանակությունը ճազարների սրտի ձախ
և աջ փորոկներում ու նախախորշներում:

Որոշված է, որ ջրի և էլեկտրոլիտների պարունակությունը սրտի տարբեր
բաժիններում, ցածր բարձրությունների պայմաններում, փոփոխությունների
քիչ են ենթակա: Միայն էքստրեմալ պայմաններում (3250 մ) է, որ տեղի է
ունենում նստիումի և կալիումի իոնների վերաբաշխում՝ սրտի տարբեր
բաժիններում:

WATER AND ELECTROLYTE CONTENT IN TISSUES OF RABBIT
HEART SECTIONS UNDER DIFFERENT HEIGHT

A. B. ZAKHARYAN, A. Z. SARUKHANIAN

The content of Na and K ions and water in the left and right
ventricles and auricles of rabbits has been determined by a flaming
photometry method under different heights.

It has been established that water and electrolyte content in tissues of different heart sections under low height conditions are insignificantly subjected to oscillation and only at extreme conditions (3250) the redistribution of the Na and K ions takes place.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Захарян А. Б. Кровообращение. 3, 5, 64, Ереван, 1974.
2. Касмалиев Д. К. III-я научная конф. по водно-солевому обмену и функции почек, 165, Орджоникидзе, 1971.
3. Комадел Л., Гурга Э., Конавев М. Физиологическое увеличение сердца. Братислава, 1968.
4. Крыге П. К. и др. Физиол. ж. СССР, 57, 1134, 1971.
5. Махмудов Э. С. и др. Узб. биолог. ж. 3, 26, 1978.
6. Меерсон Ф. Э. и др. Достижение современной кардиологии, 271, М., 1970.
7. Миррахимов М. М., Слоним А. Д. Сб. научн. тр. Кирг. мед. ин-та, 110, 3, 1976.
8. Мовсесян М. А. и др. Биолог. ж. Армении, 21, 6, 34, 1968.
9. Руммель А. Г., Баженова А. Ф. Кортикостероидная регуляция водно-сол. гомеостаза, 234, Новосибирск, 1967.
10. Сальманович В. С. Бюлл. exper. биол. и мед., 54, 11, 58, 1962.
11. Сальманович В. С. Физиол. ж. СССР, 55, вып. 2, 186, 1969.
12. Семенов Н. В. Биохим. компоненты и константы жидких сред и тканей человека. М., 1971.
13. Ситдииков Ф. Г. Физиол. ж. СССР, 59, 6, 911, 1973.
14. Хаит М. М. Врачебное дело, 8, 765, 1964.
15. Шихалеев Б. В. и др. III-я научная конф. по водно-сол. обмену и функции почек, 187, Орджоникидзе, 1971.
16. Яременко М. Г. и др. Физиол. ж. СССР, 52, 6, 765, 1966.
17. Condorelli Z. and oth. Достиж. современной кардиол., 214, М., 1970.
18. Mc. Lrath J. J. and oth. Int J. Biometeorol., 21, 2, 157, 1977.
19. Hannon J. P. and oth. J. Appl. Physiol., 31, 2, 266, 1971.
20. Harris P. and oth. Bull. physiol-phatol resp. rat., 8, 6, 1403, 1972.
21. Krzwicki H. J. and oth. J. Appl. Physiol. 30, 6, 806, 1971.
22. Mulhorta T. and oth. Aviat. Space and Environ Med., 46, 4, 1409, 1975.
23. Mourek J. and oth. Sborn. lek., 76, 9, 231, 1974.