

УДК 61242:612.019.596

М.Н. Мырзаханова
Кокшетауский государственный университет им. Ш. Уалиханова, Казахстан, г. Кокшетау
E-mail: myrzahanova@mail.ru

Лимфовенозные взаимоотношения у лягушек и черепах при водном обмене

Аннотация. В данной статье рассматривали состояние венозной и лимфатической систем лягушек и черепах при водной нагрузке. Выявлено участие венозной и лимфатической систем лягушек и черепах в перераспределении воды при водной нагрузке, причем резорбция воды и ее депонирование в лимфатическом русле были более значительными, чем в венозном русле. Венозная и лимфатическая системы играют важную роль в транспорте и депонировании жидкости при водной нагрузке у низших позвоночных. На лягушках и степных черепахах проведено сравнительное изучение роли лимфатической и венозной систем при водном обмене. Установлено, что сдвиги в лимфатической системе выражены больше, чем в венозной системе при водной нагрузке. Участие лимфатической и венозной систем низших позвоночных в водном обмене сходно с этим процессом у млекопитающих. Однако более низкий потенциал почек у низших позвоночных замедляет процессы нормализации после водной нагрузки. У них временные характеристики сдвигов гемо- и лимфодинамики более продолжительные, чем у млекопитающих.

Ключевые слова: венозная система, лимфатическая система, земноводные, водный обмен.

Одной из функций лимфатической системы является регуляция водно-солевого гомеостаза, в поддержании которой определенную роль играют как транспорт лимфы и межклеточной жидкости в кровеносное русло, так и поступление и депонирование жидкой части крови в интерстициальном пространстве [1-3]. Полагают, что участие лимфатических сосудов в поддержании гомеостаза в организме обусловлено нервно-рефлекторным механизмом [4]. Экспериментально показано, что лимфатическая система амфибий и рептилий активно участвует в резорбции и транспорте жидкости, введенной в кровеносное русло [6]. В условиях гидремии она выполняет гомеостатическую роль, участвуя в регуляции объема плазмы крови как жестко контролируемой константы организма [7]. Известно, что объем лимфы, поступающей в кровоток, прямо пропорционален объему плазмы крови [8], а поступление лимфы в кровеносное русло при необходимости способствует не только временному увеличению объема плазмы, но и восстановлению объема циркулирующей крови после кровопотери [9].

У амфибий и рептилий установлено активное

участие лимфатической системы в первичных саморегулирующих реакциях организма. При увеличении объема плазмы крови у лягушек путем внутривенной инфузии физиологического раствора отмечено усиление резорбционной, депонирующей и транспортной функций лимфатической системы [10]. Сдвиги были сходны с таковыми у млекопитающих [7,11]. Вследствие наличия тесной морфофункциональной связи венозной и лимфатической систем представляет интерес выявить их взаимоотношения при водной нагрузке. Цель настоящей работы - изучить состояние лимфо- и гемодинамики у низших позвоночных при водном обмене.

Эксперименты были проведены на 50-ти лягушках (*Rana ridibunda*) обоего пола массой 60-130 г, наркотизированных эфиром, в зимний период, и на 40 степных черепахах (*Testudo grossfeldi*) массой 800-1200 г, наркотизированных тиопенталом натрия (15-30 мкг/кг), при искусственной вентиляции легких, в летний период.

Водную нагрузку осуществляли путем введения воды в изолированный отрезок кишечника через пилорический отдел желудка в

количестве 1% массы тела. Краниальную часть желудка перевязывали, чтобы не допустить рефлекторных влияний стенок кишечника. Гематокрит измерялся по общепринятой методике. Содержание общего белка в плазме крови и лимфе у лягушек и черепахах определяли биуретовым методом на фотокалориметре «Spcol-II».

Для биохимических исследований были взяты пробы лимфы, артериальной и венозной крови.

В течение опыта у животных контролировали состояние диуреза. Для этого у лягушек и черепахах в стенке мочевого пузыря фиксировалась стеклянная или полиэтиленовая трубка. Учитывалось количество мочи, поступающей в мочевой пузырь в единицу времени.

Измеряли осмотическое давление крови, лимфы и мочи через различные интервалы времени (до, через 15, 30, 60, 120 мин после водной нагрузки) на осмометре ОМКА 1Ц-01. Градуировка прибора и определение точки замерзания исследуемой жидкости осуществлялись с помощью дистиллированной воды.

Результаты экспериментов обработаны статистически, с использованием критерия достоверности Стьюдента на ПК.

Исследования показали, что после водной нагрузки у лягушек содержание общего белка в плазме крови снижалось: в 81% наблюдений в артериальной крови на 8% и в 87% опытов в венозной крови на 8% концентрация белка в лимфе уменьшалась в 82% опытов на 17% от исходного. К 2 часам уровень белка к исходному фону не возвратился.

Объем плазмы по гематокритному показателю у лягушек максимально повышался в первые 30 мин: в артериальной крови от $69 \pm 0,6$ до $75 \pm 0,6\%$ на 8% и в венозной крови от $67 \pm 0,5$ до $74 \pm 0,6\%$ на 14%, от исходного. В последующем наблюдалось его снижение (таблица). Осмотическое давление крови и лимфы сразу снижалось и достигало минимальных величин через 30 мин. Осмотическое давление лимфы и венозной крови снижалось на 41 и 42% от исходного уровня. Изменения диуреза были незначительными. В первые 30 мин наблюдалось небольшое увеличение объема мочи - с $0,04 \pm 0,001$ до $0,05 \pm 0,009$ мл/мин ($P < 0,05$), затем уменьшение - до $0,03 \pm 0,001$ мл/мин. Объем лимфы в бедренном подкожном мешке возрастал и через 1 ч достигал $0,87 \pm 0,07$ ($P < 0,001$), затем снижался, но к исходной величине не возвратился.

Таблица - Концентрация общего белка в плазме крови и лимфе и объем плазмы по гематокриту у лягушек и черепахах до и после водной нагрузки

Исследуемая жидкость	Количество животных	Общий белок (%) в интервалы времени, мин				
		до	15	30	60	120
Лимфа лягушек	17	$2,09 \pm 0,05$	$1,97 \pm 0,06$ $P > 0,1$	$1,87 \pm 0,07$ $P > 0,02$	$1,78 \pm 0,02$ $P < 0,01$	$1,78 \pm 0,07$ $P < 0,001$
Артериальная кровь	16	$4,30 \pm 0,05$	$4,17 \pm 0,07$ $P > 0,1$	$4,10 \pm 0,03$ $P < 0,02$	$3,98 \pm 0,07$ $P < 0,001$	$3,98 \pm 0,02$ $P < 0,001$
Венозная кровь	16	$4,23 \pm 0,04$	$4,17 \pm 0,01$ $P > 0,2$	$4,11 \pm 0,04$ $P < 0,05$ $P < 0,001$	$4,03 \pm 0,02$ $P < 0,01$ $P < 0,001$	$4,03 \pm 0,04$ $P < 0,001$
Гематокритный показатель						
Артериальная кровь	13	$69 \pm 0,6$	$71 \pm 0,6$	$75 \pm 0,6$	$73 \pm 0,5$	$70 \pm 0,5$
Венозная кровь	13	$67 \pm 0,5$	$69 \pm 0,6$ $P > 0,001$	$74 \pm 0,6$ $P < 0,001$	$71 \pm 0,5$ $P < 0,001$	$68 \pm 0,6$
Лимфа черепахах	20	$2,60 \pm 0,05$	$2,53 \pm 0,06$	$2,64 \pm 0,04$	$2,47 \pm 0,02$ $P < 0,001$	$2,48 \pm 0,03$ $P < 0,001$
Артериальная кровь	14	$4,44 \pm 0,06$	$4,32 \pm 0,07$	$4,22 \pm 0,05$ $P < 0,05$	$4,29 \pm 0,08$	$4,34 \pm 0,07$ $P < 0,05$
Венозная кровь	15	$4,43 \pm 0,05$	$4,33 \pm 0,05$	$4,14 \pm 0,08$ $P < 0,001$	$4,35 \pm 0,03$	$4,37 \pm 0,29$
Гематокритный показатель						
Артериальная кровь	20	75 ± 4	78 ± 4	$81 \pm 0,8$	78 ± 5	$75 \pm 0,7$
Венозная кровь	20	67 ± 1	68 ± 1	75 ± 1 $P < 0,01$	77 ± 1 $P < 0,001$	71 ± 1

У черепахах после водной нагрузки содержание общего белка в лимфе и крови снижалось: в 70% наблюдений в артериальной и в 75% в венозной

крови на 5%. Концентрация белка в лимфе уменьшалась в 90% опытов на 8%.

Объем плазмы по гематокритному показателю

повышался в первые 30 мин: в артериальной крови от 75 ± 4 до $81 \pm 0,8\%$ и в венозной крови от 67 ± 1 до $75 \pm 1\%$ на 12% от исходного (см. табл.).

Осмотическое давление крови и лимфы снижалось, и наиболее низкий уровень отмечен через 2 часа. В венозной крови его уровень снизился на 19%, в лимфе – на 15%. Диурез увеличивался от $0,05 \pm 0,001$ до $0,12 \pm 0,004$ ($P < 0,01$). Лимфоток возрастал, максимально, через 30 мин от $0,06 \pm 0,004$ до $0,32 \pm 0,03$ ($P < 0,01$), т. е. в 6 раз, затем снижался, но к исходному фону до конца опыта не вернулся.

Результаты экспериментов показали, что у лягушек наблюдалось увеличение объема плазмы по гематокритному показателю и снижение осмотического давления артериальной, венозной крови и лимфы. Наиболее активная резорбция введенной жидкости из кишечника в кровеносное русло происходила в первые полчаса после водной нагрузки.

Подкожные лимфатические мешки лягушек являются большими резервуарами для депонирования лимфы. Объем лимфы в подкожном лимфатическом мешке лягушек возрастал в 2,5 раза и через 2 часа вернулся к исходному фону. У черепах резервуаром для депонирования лимфы является поясничная цистерна. Лимфоток у черепах увеличивался в 6 раз в течение 2-х часов. Уменьшение концентрации общего белка в лимфе и крови, снижение осмотического давления крови, особенно в лимфе у лягушек, одновременное увеличение объема оттекающей лимфы свидетельствуют об активной резорбции воды из кишечника. Наибольшая активация всасывания воды из кишечника у лягушек отмечена в первые полчаса после водной нагрузки, у черепах – через 1 ч после водной нагрузки.

Известно, что у лягушек почки обладают слабой диуретической способностью. Поэтому через почки выводилась небольшая часть введенной жидкости. Затем диурез снижался и излишняя жидкость выводилась экстраренальным путем. У черепах по сравнению с лягушками мочевыделительная система более развита. Возрастание тока мочи у черепах в течение 2-х часов показывает, что введенная жидкость, хотя и медленно, но в основном выводится через почки. Согласно данным литературы, у млекопитающих выведение избыточной жидкости из организма осуществляется в основном через почки [12,13], что способствует быстрому восстановлению объема жидкости в организме. У низших

позвоночных водовыделительная функция почек ниже, чем у млекопитающих, поэтому жидкость из кишечника, поступившая в кровеносные и лимфатические капилляры, депонируется в лимфатической и венозной системе и выводится постепенно через почки или кожу лягушки.

Концентрация белка в лимфе снижалась больше, чем в венозной крови. Объем оттекающей лимфы возрастал в 2,5 раза у лягушек, в 6 раз у черепах. Объем плазмы по гематокритному показателю у лягушек косвенным путем характеризует изменения объема жидкой части крови. Эти изменения были незначительные: увеличение у лягушек в артериальной крови на 8%, в венозной на 14%, у черепах – 8 и 12%, соответственно. Полагаем, что лимфатическая система резорбирует и депонирует жидкость из кишечника значительно больше, чем венозная.

Таким образом, у низших позвоночных после водной нагрузки наблюдается усиление резорбционной функции лимфатической системы. Роль лимфатической системы как депо жидкости в организме очень важна, поскольку способствует устранению гидремии и нормализации объема крови у животных.

Литература

- 1 Lolait S.I., O'Carroll A.M., McBride O.W. et al. Cloning and characterization of a vasopressin V2 receptor and possible Link to nephrogenic diabetes insipidus // Nature. - 1992. - V.357. - P. 336-339.
- 2 Eroneberg W., Fabian G. Zur Lymphmobilisation // Z. Lymphology. - 1989. - V.13, #1. - P. 39-41.
- 3 Johnston M. The intrinsic Lymph pump: Progress and problems // Lymphology. - 1989. - V 22, N 3. - P.116-122.
- 4 Омарова А.С., Алибаева Б. Н., Окушева З. Б. Сравнительное исследование гомеостатической функции лимфатической системы у некоторых позвоночных // 13-й съезд Всесоюз. физиол. общ. им. И. П. Павлова, посвящ. 150-летию со дня рожд. И. М. Сеченова: тез. докл. - Алма-Ата, 1979. - Т.1. - С.315-316.
- 5 Булекбаева Л.Э., Алибаева Б.Н., Окушева З.Б. Об участии лимфатической системы амфибий в водном обмене / Тр. Ин-та физиол. АН КазССР, 1988. - Т.32. - С. 5-11.
- 6 Алибаева Б.Н., Окушева З.Б. Изменение гемо- и лимфодинамики черепах при водных нагрузках // Вопросы физиол. лимфообразования и кровообращения. - Алма-Ата, 1988. – 120 с. - Деп. в ВИНТИ 28.07.88. - № 6113-В88.

7 Булекбаева Л.Э. Сравнительная физиология лимфатической системы. - Алма-Ата, 1985. - 166 с.

8 Mayerson H. S. The lymphatic system // Sci. Am. -1963. - V. 208. - P.80-85.

9 Потапов И.А. Очерки физиологии лимфообращения. - Алма-Ата, 1977. – 270 с.

10 Алибаева Б. Н. Гомеостатическая функция лимфатической системы у низших позвоночных: автореф. ... канд. биол. наук. - Алма-Ата, 1981. - 21с.

11 Потапов И.А., Данкова А.Н. О влиянии водных нагрузок на ток лимфы и мочи при активном дренаже грудного лимфатического

протока // Мат-лы по физиол. и патол. лимфатической системы. - Алма-Ата, 1968. - С. 96-101.

12 Берхин Е.Б. О механизме водного диуреза для выведения избыточной жидкости // Бюл. exper. биол. и мед. - 1956. - Т. 11. – № 4. - С.1-6.

13 Ройфман М. Д., Тернер А. Я. Изменение гемодинамики после водной нагрузки у человека // Тр. VI-й Всесоюзн. конф. по физиол. почек и водно-солевого обмена. - Новосибирск, 1981. - С. 235.

М.Н. Мырзаханова

Тасбақа және бақа су алмасуында лимфа мен күретамыр жүйелерінің арақатынасы

Бұл мақалада су салмағындағы тасбақа және бақа лимфатикалық жүйесі мен күретамыр жағдайы қарастырылған. Күретамыр жүйесіне қарағанда, ең маңыздылығы, лимфа-тамыр жүрісі қарастырылады, дегенмен суды соруадағы, су қысымындағы суды тең бөлу тасбақа мен бақаның лимфа жүйесі және күретамыр қатынасы анықталған. Веналық және лимфа жүйесі төменгі омыртқалыларды су қысымы барысында қан қалдығымен көбейте ең басты рөл атқарады. Су алмасу кезеңінде бақа мен қыр тасбақасына лимфатикалық және күретамыр айналымына салыстырмалы зерттеу жүргізілді. Бұл жануарларда лимфатикалық жүйенің қозғалысы күретамыр жүйесінен артық болатыны дәлелденді. Лимфамен күретамыр жүйе су көлемінде төменгі омыртқалылар, ұсақ қоректенушілер процесімен өте ұқсас келеді. Дегенмен төменгі омыртқалыларда бүйрек белсенділігі төмен, яғни су қысымының қалпына келу процесін төмендетеді. Оларда ұсақ қоректілерге қарағанда гемо- және лимфадинамиканың жылжу ұзақтылығы уақытта сипатта болуы әбден мүмкін.

Түйін сөздер: лимфа жүйесі, күретамыр жүйесі, қос мекенді жануарлар, су алмасу.

M.N. Myrzahanova

The venous and lymphatic systems of frogs and turtles in the water load

This article discusses the state of the venous and lymphatic systems of frogs and turtles in the water load. Revealed involvement of venous and lymphatic systems of frogs and turtles in the redistribution of water during the water load, and the resorption of water and its deposition in the lymphatic bed were greater than in the venous line. Venous and lymphatic system plays an important role in the transport and deposition of fluid in the water load in lower vertebrates. In this experiments have investigated the role of the lymphatic and venous systems in lower vertebrates (*Rana ridibunda* and *Testudo grosfeldi*) in the water exchange. It was showed that the changed in the lymphatic systems in lower vertebrates have been more observe than venous system in hypervolemia. Participation of the lymphatic and venous systems of lower vertebrates in the water exchange is similar to the process in mammals. However, the lower the potential kidney in lower vertebrates slows down the process of normalization after the water load. They have temporal characteristics of hemodynamic changes and limfodinamiki longer than in mammals.

Keywords: venous systems, lymphatic systems, amphibios, water load.