

Г. Х. Бунятян и А. С. Оганесян

О взаимоотношении между выделением фосфатов и глюкозы с мочой

Фосфорная кислота и ее соединения имеют большое значение в транспорте и обмене углеводов. Ряд исследователей показал, что эти соединения участвуют в процессе всасывания глюкозы из кишечного тракта в кровеносную систему.

Всасывание глюкозы в кишечнике, сопряженное с ее фосфорилированием, является активным процессом для транспорта глюкозы. Этим объясняется направленный переход глюкозы в слизистую оболочку кишок, а затем в кровь, несмотря на ее низкие концентрации в кишечном содержимом по сравнению с кровью.

Подобное явление имеет место и в почках. В процессе образования первичной мочи в почечных клубочках происходит фильтрация безбелковой части плазмы крови. Это означает, что в первичную мочу поступают все составные части плазмы крови, кроме белков.

Но как известно, в мочу не поступают многие из тех веществ, которые находятся в плазме крови, что объясняется реабсорбцией последних в почечных канальцах. Имеются вещества, которые реабсорбируются полностью, а другие — частично.

К числу полностью реабсорбируемых веществ относится также и глюкоза. Известно, что в первичной моче концентрация глюкозы равна таковой крови, но в норме глюкозурия не наблюдается ни у животных ни у людей.

Ряд исследователей показал, что реабсорбция глюкозы в почечных канальцах происходит также при помощи фосфорилирования. Имеются данные о том, что процесс фосфорилирования носит ферментативный характер и осуществляется при помощи фосфофераз с участием органических соединений фосфора.

В последнее время мы работали над вопросом изучения влияния боли на фильтрационно-реабсорбционную способность почек. В ходе этих исследований мы заметили, что при внутривенном введении глюкозы в моче уменьшается количество неорганического фосфора, т. е. усиливается его реабсорбция [1, 2].

Наши наблюдения шли вразрез с данными Питс и Александер, согласно которым внутреннее введение глюкозы усиливало выделение неорганического фосфора с мочой [3, 4].

Это обстоятельство заставило нас детально изучить выделение

фосфатов при внутривенном введении глюкозы, учитывая роль фосфатов в процессе реабсорбции глюкозы почечными канальцами. С этой целью нами были поставлены опыты на собаках, результаты которых приводятся ниже.

Экспериментальная часть

Опыты были поставлены на собаках (самках) с выведенными мочеточниками.

За 30 минут до начала опыта животным давалась водная нагрузка (смесь молока и воды по 250 см³).

В начале опыта внутривенно (в наружную яремную вену) вводилось 6 г глюкозы, растворенной в 20 см³ воды. Для сохранения концентрации глюкозы на высоком уровне в крови в течение опыта введение глюкозы в том же количестве повторялось на 20-й и 40-й минутах*.

Для определения неорганических фосфатов и глюкозы в моче и в крови пробы брались в следующие сроки:

кровь: на 20-й, 26-й, 40-й и 60-й минутах (каждый раз до введения глюкозы),

моча: перед началом опыта до введения глюкозы, от 17 до 20, от 23 до 26, от 37 до 40 и от 57 до 60 минут.

Количество глюкозы определялось по способу Somogyi в модификации Нельсона [5], а фосфор определялся по способу Белл-Дойли-Бригс.

Собаки содержались на постоянном пищевом режиме.

Полученные данные приведены в нижеследующей таблице.

Данные контрольных опытов, приведенные в таблице, показывают, что количество неорганических фосфатов в моче у обеих собак в течение одного часа особым изменениям не подвергается, в пробах, взятых в разное время, в большинстве случаев их количество колеблется в небольших пределах.

После внутривенного введения глюкозы количество фосфатов в моче постепенно уменьшается и спустя 60—80 минут с начала опыта доходит до нуля. У собаки „Чамбар“, в первом опыте в предварительно взятой моче (за 3 минуты до начала опыта) концентрация фосфатов составляла 22 мг⁰/₁₀₀, через 20 минут после введения глюкозы она спустилась до 12 мг⁰/₁₀₀, затем, через 26 минут, до 6 мг⁰/₁₀₀, через 40 минут до 4 мг⁰/₁₀₀, а через час в моче фосфаты больше не обнаруживались. Уменьшаются также и абсолютные количества выделенных с мочой фосфатов. В разных порциях мочи их количество соответственно составляло: 0,77, 0,3, 0,24, 0,2 и 0 мг.

В пятом опыте уменьшение фосфатов в моче выражено более резко. В предварительно взятой моче их концентрация была 31 мг⁰/₁₀₀, через 20 минут после введения глюкозы—10 мг⁰/₁₀₀, через 26 минут—

* Все данные времени учитываются с начала опыта.

Кличка собаки	Концентрация глюкозы в моче в мг%					Количество выделен. с мочой глюкозы за три минуты в мг				
	препарат.	17—20 м	23—26 м	37—40 м	57—60 м	препарат.	17—20 м	23—26 м	37—40 м	57—60 м
„Чамбар“	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Контроль	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Введена глюкоза	—	385	1065	260	485	—	13,4	42,6	13	14,5
•	—	540	1080	315	210	—	6,4	21,6	6,3	6,3
•	—	925	575	800	730	—	18,5	8,6	20,0	7,3
„Норка“	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Контроль	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
•	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Введена глюкоза	—	140	785	280	50	—	4,2	15,7	5,6	1,5
•	—	50	730	—	15	—	2,5	29,2	—	0,45
•	—	525	1060	315	695	—	15,75	31,8	11	24,3

Концентрация неорганических фосфатов в моче в мг %							Количество выделенных с мочой фосфатов за три минуты				
предварит.	17—20 м	23—26 м	37—40 м	57—60 м	117—120 м	137—140 м	предварит.	17—20 м	23—26 м	37—40 м	57—60 м
24	20	22	24	20	—	—	0,48	0,4	0,66	0,48	0,6
18	10	12	12	16	—	—	0,54	0,5	0,48	0,48	0,48
22	12	6	4	0	6	18	0,77	0,3	0,24	0,2	—
27	22	10	9	4	6	24	0,4	0,26	0,2	0,18	0,12
31	10	5	4	0	6	14	0,62	0,2	0,07	0,1	—
12	10	11	13	18	—	—	0,48	0,5	0,55	0,65	0,72
13	20	12	11	11	—	—	0,39	0,6	0,48	0,44	0,66
6	5	6	6	8	—	—	0,12	0,25	0,36	0,3	0,24
15	10	8	6	4	6	12	0,3	0,3	0,16	0,12	0,12
10	6	6	4	4	8	15	0,5	0,3	0,24	0,16	0,12
10	8	6	4	4	5	9	0,3	0,24	0,18	0,14	0,11

5 мг⁰/₀, через 40 минут—4 мг⁰/₀, а через час в моче фосфаты отсутствовали.

Аналогичные данные получились и у собаки „Норка“, с той разницей, что степень уменьшения и исчезновения фосфатов в моче у этой собаки была медленнее, чем у „Чамбар“.

В контрольных опытах у собаки „Норка“ количество фосфатов в моче, так же как и у „Чамбар“, колеблется в небольших пределах. Во всяком случае к концу опыта количество выделенных фосфатов не уменьшалось.

После введения глюкозы замечается постепенное снижение количества фосфатов в моче и полное исчезновение через 80 минут. В четвертом опыте в предварительно взятой моче фосфаты составляли 15 мг⁰/₀ („Норка“), после введения глюкозы через 20 минут—10 мг⁰/₀, через 26 минут—8 мг⁰/₀, через 40 минут—6 мг⁰/₀, через 60 минут—4 мг⁰/₀, спустя 80 минут в мочу фосфаты больше не поступали.

В пятом опыте соответствующие величины составляли—10, 8, 6, 4, 4 и 0 мг⁰/₀.

Фосфаты в моче появлялись через 2 часа с начала опыта, причем их количество повышалось сразу.

Параллельно с фосфатами мы определяли и количество глюкозы в моче и в крови. Опыты показали, что если количество глюкозы в крови высокое, т. е. выше нормы, то в моче количество фосфатов меньше или они полностью отсутствуют. Фосфаты в моче стали появляться только тогда, когда уровень глюкозы в крови, постепенно снижаясь, доходил до нормы, причем в моче количество фосфатов увеличивалось по мере снижения уровня глюкозы в крови. Наблюдалась обратная зависимость между этими величинами.

Выше мы упомянули, что в литературе имеются данные относительно усиления выделения фосфора с мочой после внутривенного введения глюкозы. Как показывают данные наших опытов, имеется противоположная картина. Во всех опытах с введением глюкозы с начала опыта количество фосфатов в моче постепенно уменьшалось до их исчезновения, а количество глюкозы в моче сначала повышалось, а затем снижалось.

В моче, взятой от 23 до 26-й минуты (глюкоза вводилась на 20-й минуте), количество глюкозы больше, чем в пробе, взятой от 17 до 20 минуты, а фосфатов, наоборот, меньше, чем в предыдущей пробе (от 17 до 20-й минуты). Следовательно, упомянутые данные о том, что усиленное выделение глюкозы приводит к усилению выделения неорганических фосфатов с мочой,—неправильны. По нашим данным, внутривенное введение глюкозы приводит к постепенному уменьшению выделения неорганических фосфатов с мочой, независимо от количества выделенной глюкозы.

Чем объясняется уменьшение и даже полное исчезновение неорганических фосфорных соединений в моче после введения глюкозы в большом количестве?

Выше мы упомянули о том, что глюкоза из крови поступает в первичную мочу и ее концентрация в крови и в первичной моче одинаковы. Но в норме она полностью реабсорбируется. Этот процесс происходит путем фосфорилирования глюкозы.

При повышении количества глюкозы в крови, следовательно, и в первичной моче, реабсорбируются большие количества глюкозы, для чего необходимо усиление процесса фосфорилирования, т. е. повышается потребность фосфорных соединений. Нам кажется, что уменьшение неорганических фосфорных соединений в моче надо объяснить тем, что они принимают участие в фосфорилировании глюкозы, при ее реабсорбции почечными канальцами. По данным литературы, повышение содержания глюкозы в крови, путем ее введения, приводит к понижению неорганических фосфатов в крови.

Известно, что фосфорилирование глюкозы происходит при помощи фосфофераз с участием аденозинтрифосфата.

Не исключена возможность, что неорганический фосфат в почечной ткани, участвуя в процессе углеводного обмена, переходит на адениловую систему и затем на молекулу глюкозы.

Как видно из вышеизложенного, наши данные не совпадают с данными Питтс и Александер. Нам кажется, что это объясняется ошибкой методического характера, которая имела место в вышеупомянутой работе этих авторов.

Для определения выделенных с мочой фосфатов, они каждый раз производили катетеризацию мочевого пузыря, что для животного являлось противоестественной и нефизиологической манипуляцией. Надо полагать, что эта процедура определенным образом действовала на функцию почек и искажала нормальную картину выделения фосфатов с мочой.

Институт физиологии
Академии наук Арм. ССР

Поступило 17 11 1953 г.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Адуни Г. Т., Егян В. Б. и Оганесян А. С. Сб. „Вопросы высшей нервной деятельности“, вып. 1, стр. 73, 1952.
2. Адуни Г. Т., Егян В. Б. и Оганесян А. С. Сб. „Вопросы высшей нервной деятельности“, вып. 1, стр. 99, 1952.
3. Pitts R. F. and R. S. Alexander. Am. J. Physiol., 142, 648, 1944.
4. Seidlin D. W. and R. Tarail. Am. J. Physiol., 159, 160, 1949.
5. Nelson. J. Biol. Chem., 153, 375, 1945.

Զ. Խ. Ռուսթյան և Վ. Ս. Հովհաննիսյան

ՄԵԶԻ ՄԻՋՈՑՈՎ ԱՐՏԱԶԱՏՎՈՂ ՖՈՍՖԱՏՆԵՐԻ ԵՎ ԳԼՅՈՒԿՈԶԱՅԻ ՓՈԽԱՐԱԲԵՐՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Դրականության մեջ կան տվյալներ, որ գլյուկոզայի հիպերառնիկ լուծույթների ներերակային արտոթիվները մեզի մեջ առաջ են բերում ֆոսֆատների քանակի մեծացում:

Նպատակ ունենալով ուսումնասիրելու գլխավորապես ռեալսոբորքիայի պայմանական ռեֆլեկտոր փոփոխությունները երկվաճեքում, մենք նկատեցինք հակառակ երևույթ, այն է, որ մեծ քանակությամբ գլխավորապես ներերակային սրսկումների դեպքում մեզի մեջ ֆոսֆատների քանակությունը զգալիորեն պակասում է։ Ուրիշ խոսքով, տաքցվեցին հակառակ արդյունքներ, զրականություն մեջ եղած տվյալների համեմատությամբ։ Ոչոք պատճառով մեր առաջ խնդիր **զրվեց** ավելի մանրամասն ուսումնասիրելու այդ հարցը։

Փորձերը **զրվեց** են երկու շարք վրա, որոնց մոտ միգաժորանները մեկուսացվել են Պոլյուսի—Օրբելու եղանակով։ Փորձնական կենդանիներին սրսկվել է գլխավորապես հիպերտոնիկ լուծույթի և մեկ մամլա ընթացքում մեզի և արյան մեջ որոշվել է անօրգանական ֆոսֆատների և գլխավորապես քանակությունը։

Ստացված տվյալները ցույց են տալիս, որ գլխավորապես լուծույթը սրսկելուց հետո անօրգանական ֆոսֆատների քանակությունը մեզի մեջ աստիճանաբար պակասում է, իսկ որոշ դեպքերում (մոտավորապես 60—80 բույս անց) նրանք մեզի մեջ բոլորովին բացակայում են։ Ֆոսֆատները մեզի մեջ սկսում են երևան զալ այն դեպքում, երբ գլխավորապես քանակը արյան մեջ հասնում է նորմայի։

Այս երևույթը ցույց է տալիս, որ երբ գլխավորապես քանակությունը արյան մեջ շատանում է, որի հետևանքով երկվաճեքին խոզովակներում նրա մեծ քանակներն են ռեալսոբորքում, ֆոսֆատների քանակը մեզի մեջ զգալիորեն պակասում է։ Այս երևույթը հասկանալի է, եթե ընդունենք, որ գլխավորապես ռեալսոբորքիան երկվաճեքին խոզովակներում ակտիվ պրոցես է և կապված է նրա նյութանական ֆոսֆորացման հետ։ Հավանական է, որ անօրգանական ֆոսֆատները կապվում են գլխավորապես հետնյալստելով նրա ռեալսոբորքիային, որի հետևանքով նրանց քանակը մեզի մեջ պակասում է։

Գլխավորապես ֆոսֆորացումը ֆերմենտատիվ պրոցես է, որին մասնակցում է ադենիլային սխեմայի։ Հնարավոր է, որ անօրգանական ֆոսֆատները սկզբում անցնում են ադենիլային սխեմայի վրա, իսկ վերջինս ֆոսֆորաթթվի մնացորդը փոխադրում է գլխավորապես վրա։

Այսպիսով, մեր փորձերի տվյալները խոսում են այն մասին, որ գլխավորապես հիպերտոնիկ լուծույթների ներերակային սրսկումները քչացնում են անօրգանական ֆոսֆատների քանակությունը մեզի մեջ, հակառակ այն տվյալների, որոնց մենք հանդիպել ենք արտասահմանյան գրականության մեջ։