

Про виділення кальцію підшлунковою залозою

І. Ф. Олійник

*Відділ фізіології травлення Інституту фізіології
ім. О. О. Богомольця АН УРСР, Київ*

З секретами травних залоз у просвіт шлунково-кишкового тракту виділяється значна кількість мінеральних речовин, що вказує на участь травних залоз у мінеральному обміні всього організму. При цьому виділення окремих іонів різними залозами має свої особливості.

Для з'ясування ролі окремих іонів у секреторному і травному процесах і розкриття механізму регуляції обміну мінеральних речовин у травних залозах необхідно, перш за все, вивчити закономірності обміну окремих іонів у цих залозах і встановити міру участі їх у мінеральному обміні всього організму. Все це дасть змогу виявити причини порушень мінерального обміну, що спостерігаються в травних залозах при тих чи інших патологічних станах організму.

Дослідженню мінерального обміну в підшлунковій залозі присвячено багато праць [2, 4, 7, 8, 10—12], в яких встановлено співвідношення окремих іонів у сироватці крові і в підшлунковому соку, залежність вмісту цих іонів в панкреатичному соку від швидкості секреції та від виду подразника, на який виділився сік.

Водночас у працях, пов'язаних з вивченням мінерального обміну в підшлунковій залозі, є багато даних, які не узгоджуються між собою, особливо це стосується обміну кальцію.

Беручи до уваги фізіологічну роль кальцію в організмі і, зокрема, його відношення до ферментів підшлункового соку [1, 9, 13], ми вирішили продовжити вивчення обміну кальцію в підшлунковій залозі. У цьому дослідженні ставили завдання вивчити закономірності виділення кальцію з підшлунковим соком при додатковому введенні в організм солей кальцію.

Методика досліджень

Досліди проведені на чотирьох собаках з хронічною фістулою підшлункової залози за І. П. Павловим. Підшлунковий сік одержували на харчові подразники (м'ясо, хліб і молоко).

Проведено дві серії дослідів. В першій серії дослідів молочнокислий кальцій давали тваринам з їжею в день досліді по 8 г на тварину. В другій серії дослідів 2%-ний розчин молочнокислого кальцію вводили безпосередньо у вену (латеральну підшкірну вену) в дозі 20 мг/кг.

Кожен дослід тривав п'ять-шість годин. Підшлунковий сік збирали порціями за годину. Наприкінці кожної години брали кров із підшкірної вени передпліччя. В одержаному панкреатичному соку і сироватці крові концентрацію кальцію визначали методом полум'яної фотометрії.

Результати досліджень

Після додавання до їжі солі кальцію слід було чекати, що виділення кальцію із соком підшлункової залози буде наростати в міру всмоктування кальцію в кров з шлунково-кишкового тракту. Результати дослідів показали, що після споживання їжі з підвищеним вмістом кальцію збільшення концентрації кальцію в підшлунковому соку відбувається після значного зменшення його концентрації в соку на другій годині секреції (рис. 1). Така закономірність виділення кальцію з підшлунковим соком спостерігалась у всіх наших піддослідних тварин і на всі подразники (м'ясо, хліб і молоко) за винятком собаки Барбос, у якого в підшлунковому соку, одержаному в дослідах на хліб протягом другої години секреції, мало місце незначне підвищення концентрації кальцію. Зниження концентрації кальцію в пробах підшлункового соку, одержаного протягом другої години секреції, ми також спостерігали і в контрольних дослідах.

Раніше нами було встановлено, що в підшлунковому соку, одержаному при подразненні блукаючого нерва, а також у рефлекторну фазу соковиділення, міститься більше кальцію, ніж у соку на секретин [4]. Проведені нами визначення вмісту кальцію в підшлунковому соку, виділеному залозою на введення маслинової олії в дванадцятипалу кишку, показали, що концентрація кальцію цього соку близька до його концентрації в соку, одержаному в рефлекторну фазу або на введення пілокарпіну.

Відомо, що в секреції підшлункового соку на жир значну роль відіграє рефлекторний механізм регуляції діяльності підшлункової залози. Цим можна пояснити той факт, що підшлунковий сік на молоко містить більше кальцію порівняно з соком на м'ясо і хліб.

Всі ці дані свідчать про те, що нервова система стимулює виділення кальцію з підшлунковим соком.

Беручи до уваги всі ці факти, причиною зниження концентрації кальцію в підшлунковому соку, що виділився протягом другої години після їди, можна вважати неоднакову участь нервового і гуморального механізмів регуляції діяльності панкреатичної залози в різні години секреції. У перші хвилини секреції соку після їди виділення підшлункового соку відбувається виключно за участю рефлекторного механізму, а потім уже підключається секретинний механізм.

У наших дослідах до складу соку за першу годину секреції входив і сік, який виділився підшлунковою залозою в чисто рефлекторну фазу, і в ньому відзначено підвищений вміст кальцію. Це значною мірою сприяло підвищенню концентрації кальцію в пробі соку за першу годину. Протягом другої і дальших годин соковиділення здійснювалось під впливом нейрогуморального механізму, а підвищення концентрації кальцію в підшлунковому соку, починаючи з третьої години секреції, зумовлене додатковим всмоктуванням у кров кальцію з шлунково-кишкового тракту.

У собаки Барбоса підвищення концентрації кальцію в підшлунковому соку на хліб, про що згадувалось раніше, відбувалось поступово за ходом досліду, і це можна до деякої міри пояснити індивідуальними особливостями, саме тим, що у цього собаки виділялось дуже мало соку на хліб у рефлекторну фазу. Причиною цього було те, що собака з неохотою поїдав хліб, і латентний період соковиділення на хліб був значно довшим, ніж після їди м'яса або молока.

Після того, як було встановлено, що підшлунковий сік на молоко має вищу концентрацію кальцію, ніж сік на м'ясо і хліб, ми звернули

увагу на одну обставину, яка, можливо, відіграє в цьому не останню роль. Це підвищений вміст кальцію в самому молоці. Молоко, яке ми давали собакам, містило 169 мг% кальцію, хліб — 4,2 мг% і м'ясо — 6,5 мг%. Таким чином, з молоком до організму надходить найбільша кількість кальцію, тому і з підшлунковим соком на молоко його виділяється найбільше. Якщо це так, то вміст кальцію в підшлунковому соку, виділеному на різні харчові подразники, має вирівнятися, якщо кількість кальцію в них буде однакова.

Ми додавали до м'яса і хліба по 8 г молочнокислого кальцію, тобто таку його кількість, яка міститься в 600 мл молока. Результати цих

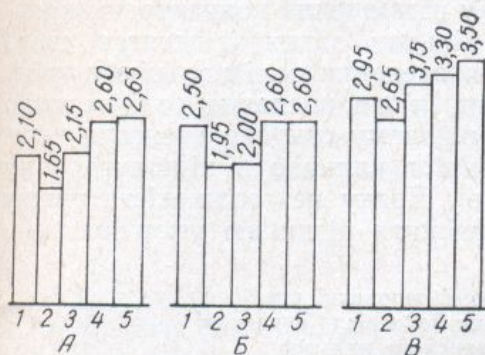


Рис. 1. Зміни концентрації кальцію (в мекв/л) в підшлунковому соку собаки Зоря, одержаному протягом 5 год секреції на м'ясо (А), хліб (Б) і молоко (В) з підвищеним вмістом кальцію (середні дані).

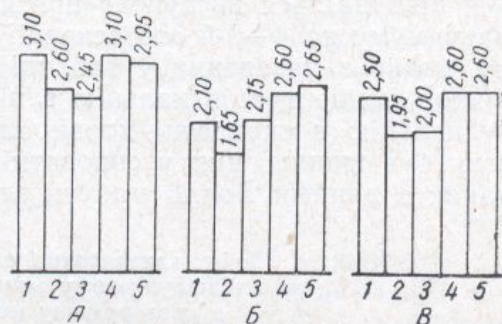


Рис. 2. Середні показники концентрації кальцію (в мекв/л) в підшлунковому соку собаки Зоря, одержаному протягом 5 год секреції на молоко (А) в контрольних дослідах і в досліді після додавання до м'яса (Б) та хліба (В) молочнокислого кальцію.

дослідів показали, що і за таких умов, коли з м'ясом або хлібом тварини одержували стільки або трохи більше кальцію, ніж з молоком, у підшлунковому соку, виділеному на м'ясо і хліб, вміст кальцію залишався нижчим, ніж у соку на молоко (рис. 2). Така закономірність спостерігалась у всіх піддослідних собак. Це ще раз підтверджує раніше висловлену нами думку про те, що виділення мінеральних речовин із соком підшлункової залози залежить від виду подразника [5].

Слід відзначити, що при додаванні солей кальцію до їжі спостерігалось незначне підвищення концентрації кальцію в підшлунковому соку. І це відбувається тому, що, як показали досліди Романенка [6], кальцій, який всмоктався з шлунково-кишкового тракту в кров, проходячи крізь печінку, концентрується в жовчі, а в загальне коло кровообігу його потрапляє мало.

Далі ми простежили за змінами концентрації кальцію в підшлунковому соку після введення тваринам солі кальцію безпосередньо в кров. Паралельно з визначенням вмісту кальцію в підшлунковому соку ми брали кров у собак і визначали концентрацію кальцію в сироватці крові.

В літературі є дані [8] про те, що після введення солі кальцію в кров настає підвищення концентрації кальцію як у сироватці крові, так і в підшлунковому соку, але в сироватці крові воно було більш значимим. Болл проводив дослідження в умовах гострого експерименту і визначав вміст кальцію в сироватці крові та в підшлунковому соку протягом відносно короткого часу після внутрішнього введення розчину хлористого кальцію. Невідомо, як змінюватиметься вміст кальцію в цих рідинах у тварин в умовах хронічного експерименту і протягом

більш тривалого часу після введення солі кальцію в кров, оскільки відомо, що виділення радіоактивного кальцію з організму триває більше доби після його введення [3].

Ми провели серію хронічних дослідів, у яких розчин молочнокислого кальцію вводили в кров і протягом 4—5 год після його введення спостерігали за змінами концентрації кальцію в сироватці крові і в підшлунковому соку. Результати цих дослідів (див. таблицю) показали, що концентрація кальцію в сироватці крові різко підвищується відразу після введення солі кальцію в кров, потім поступово знижується і повертається до вихідного рівня через 3—4 год, а у деяких тварин навіть ще й пізніше. У підшлунковому соку підвищення концентрації кальцію відбувається поступово протягом кількох годин і досягає свого максимуму на 4—5-й год секреції після введення солі кальцію в кров. Як видно з наведених у таблиці даних, після введення солі кальцію в кров концентрація кальцію в підшлунковому соку не досягала вмісту кальцію в сироватці крові, але приріст кальцію в підшлунковому соку був вищим, ніж у сироватці крові. Деяку неузгодженість наших даних з даними Болла мабуть слід пояснити різницею умов дослідів.

Зміни концентрації кальцію в сироватці крові та в підшлунковому соку собаки Зоря після введення в кров розчину молочнокислого кальцію (середні дані з 18 дослідів)

Умови дослідження	Концентрація кальцію (в мекв/л)	
	Сироватка крові	Підшлунковий сік
До введення (за 1 год)	4,75	2,0
Після введення		
Перша година	5,25	2,50
Друга година	5,05	2,60
Третя година	5,00	2,75
Четверта година	4,85	2,90

Беручи до уваги дані, одержані нами в першій серії дослідів, у яких спостерігалось зниження концентрації кальцію протягом другої години секреції, в частині дослідів ми вводили солі кальцію не наприкінці першої години після годування, а наприкінці другої години і одержали результати, яких і слід було чекати. В цих дослідах підвищення концентрації кальцію в підшлунковому соку було більш значним, ніж при введенні солі кальцію наприкінці першої години секреції. Наприклад, у собаки Зоря при введенні солі кальцію наприкінці першої години секреції вміст кальцію в підшлунковому соку, одержаному протягом наступної години, підвищився в середньому на 0,45 мекв/л, а при введенні солі кальцію наприкінці другої години — на 0,55 мекв/л.

При вивченні закономірностей виділення кальцію з жовчю і сечею [6] було встановлено, що після введення солі кальцію в кров спостерігалось значне збільшення екскреції кальцію із сечею, а виділення його з жовчю майже не зазнавало змін. Для проведення паралельних спостережень за змінами вмісту кальцію в підшлунковому соку і в сечі після введення солі кальцію в кров ми наклали хронічну фістулу сечового міхура одному з наших піддослідних собак. Проведені на цьому собаці досліди показали, що після введення солі кальцію в кров виділення кальцію збільшується як з сечею, так і з підшлунковим соком.

Це вказує на те, що при значному підвищенні вмісту кальцію в крові не тільки нирки, але і підшлункова залоза бере активну участь у виведенні кальцію з крові і сприяє швидшому відновленню іонної рівноваги в ній.

Визначення концентрації калію і натрію в сироватці крові і підшлунковому соку до і після введення солі кальцію в кров показали, що підвищення концентрації кальцію в крові приводить до незначного зниження вмісту калію як у сироватці крові, так і в підшлунковому соку. При цьому помітних змін вмісту натрію в обох цих рідинах ми не спостерігали. Після введення солі кальцію в кров відбувалося зниження секреції підшлункового соку. Зниження концентрації калію в сироватці крові і в підшлунковому соку після введення солі кальцію в кров, слід вважати, відбувається тому, що кальцій, як відомо, зменшує проникність клітинних мембран, внаслідок чого утруднюється вихід з клітин калію і виділення його з підшлунковим соком. Ми вважаємо, що ця сама причина зумовила і зниження секреції соку.

Висновки

1. Виявлені нами характерні зміни концентрації кальцію в підшлунковому соку протягом дослідження зумовлені неоднаковою участю нервового і гуморального механізмів в регуляції діяльності підшлункової залози в різні години секреції.

2. Наявність різниці в концентрації кальцію в підшлунковому соку, здобутому на різні харчові подразники, які містили однакову кількість кальцію, є доказом того, що вміст кальцію в панкреатичному соку залежить від виду подразника.

3. При додатковому введенні в організм солі кальцію спостерігається підвищення концентрації кальцію в підшлунковому соку, що вказує на участь підшлункової залози в обміні кальцію і в підтриманні іонної рівноваги в крові.

4. Введення солі кальцію в кров викликає зменшення секреції соку і зниження концентрації калію в сироватці крові і в підшлунковому соку.

Література

1. Быков К. М. и Фурсиков Д. С.—Русск. физиол. журн., 1922, 5, 1—3, 319.
2. Васюточкин В. М. и Дробинцева А. В.—В кн.: Нервно-гуморальные регуляторы пищеварительного аппарата человека. М.—Л., 1935.
3. Жеребцов П. И. и Вракин В. Ф. Физиол. журн. СССР, 1963, 49, 2, 231.
4. Олійник І. Ф.—Фізіол. журн. АН УРСР, 1957, 3, 4, 79.
5. Олійник І. Ф. і Ісаєнко В. І.—Фізіол. журн. АН УРСР, 1965, 11, 5, 611.
6. Романенко В. Д.—Фізіол. журн. АН УРСР, 1965, 11, 1, 88.
7. Agren G.—Biochimische Zeitschrift, 1935, 281, 4—6, 358.
8. Ball E. G.—J. Biol. Chem., 1930, 86, 2, 449.
9. Desnuelle P., Gabelot C.—Arch. Biochem. Biophys., 1957, 69, 475.
10. Gamble J. L. and McIver M. D.—J. Exper. Med., 1928, 48, 859.
11. Hart W. M. and Thomas M. D.—Gastroenterology, Baltimore, 1948, 4, 5, 409.
12. Jonston C. G. and Ball E. G.—J. Biol. Chem., 1930, 86, 643.
13. Нортроп Д., Кунитц М., Херриот Р.—Кристаллические ферменты, ИЛ, 1950.

Надійшла до редакції
1.VII 1966 р.

О выделении кальция поджелудочной железой

И. Ф. Олейник

*Отдел физиологии пищеварения Института физиологии
им. А. А. Богомольца АН УССР, Киев*

Резюме

Изучались изменения в содержании кальция в поджелудочном соке после добавления солей кальция к пище и при введении их в кровь. Опыты проводились на собаках с хронической фистулой поджелудочной железы по Павлову.

В результате проведенных опытов установлено, что при дополнительном поступлении кальция в организм наблюдается повышение концентрации кальция в поджелудочном соке, что указывает на участие поджелудочной железы в минеральном обмене всего организма, в частности, в обмене кальция, и в поддержании ионного равновесия крови. Выявлены характерные изменения концентрации кальция в поджелудочном соке, полученном на различные пищевые раздражители (мясо, хлеб, молоко) в течение опыта. В пробе поджелудочного сока за второй час секреции концентрация кальция всегда была ниже, чем в соке за первый час. В последующих часовых пробах поджелудочного сока концентрация кальция постепенно повышалась. Такая закономерность наблюдалась как после добавления к пище соли кальция, так и в контрольных опытах.

Поскольку поджелудочный сок, полученный на раздражение блуждающего нерва и на введение секретина, содержит различное количество кальция, то и изменения концентрации кальция в поджелудочном соке в течение опыта объясняются неодинаковым участием нервного и гуморального механизмов в регуляции деятельности панкреатической железы в различные часы секреции.

Различия содержания кальция в панкреатическом соке, полученном на различные пищевые раздражители, остаются и после того, как поступление в организм кальция с пищевыми раздражителями было выравнено. Это указывает на то, что содержание кальция в поджелудочном соке зависит не только от количества поступившего в организм кальция, но и от вида раздражителя, вызвавшего секрецию сока.

Введение соли кальция в кровь вызывало уменьшение секреции поджелудочного сока и снижение концентрации калия в сыворотке крови и в поджелудочном соке.

Excretion of Calcium by the Pancreas

I. F. Oleinik

*Department of physiology of digestion of the A. A. Bogomoletz Institute of the
Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, Kiev*

Summary

The changes in calcium content in the pancreatic juice were studied after addition of calcium salts to the food and their administration into the blood. Experiments were carried out on the dogs with chronic fistula of the pancreas by Pavlov.

It was established that at additional calcium supply to the organism an increase of calcium concentration in pancreatic juice is observed that indicates to the pancreas participation in mineral metabolism of the whole organism, in particular, in calcium metabolism and in maintaining ionic equilibrium of the blood. Characteristic changes are revealed of the calcium concentration in the pancreatic juice, received for various food stimulants (meat, bread, milk) during the experiment run.

Estimation of the calcium concentration in the pancreatic juice in the course of experiment is explained by the fact that the nervous and humoral mechanisms are differently involved in the regulation of the pancreas activity in various hours of secretion.

Administration of calcium salt to the blood causes the drop in the pancreatic juice secretion and decrease of the calcium concentration in the serum and pancreatic juice.