

коротка і, судячи з моторних реакцій товстої кишки, вона становить 3—12 хв після припинення дії умовного харчового подразника.

Збудження моторики товстої кишки, що виникає при дії натуральних умовних харчових подразників, показує, що в регуляції моторної діяльності товстого кишечника важлива роль належить корі великих півкуль головного мозку.

Наведені нами експериментальні дані показують залежність дії натуральних умовних харчових подразників на моторну діяльність товстих кишок від виду їжі, яка застосовується як натуральний умовний харчовий подразник, харчової збудливості тварини і функціонального стану кишечника в момент дії умовного подразника.

Висновки

1. В регуляції моторної діяльності товстого кишечника важлива роль належить корі великих півкуль головного мозку. Натуральні умовні харчові подразники (вигляд і запах їжі) збуджують і підсилюють моторну діяльність товстого кишечника голодних тварин.

2. Характер і сила умовнорефлекторного збудження моторики товстих кишок залежать від харчової збудливості тварини, сили натурального умовного харчового подразника і функціонального стану товстих кишок. Чим більша сила умовного харчового подразника і чим вища харчова збудливість тварини, тим триваліша і сильніша моторна реакція товстих кишок.

Література

1. Бабкин Б. П.— Внешняя секреция пищеварит. желез., М., 1927.
2. Богач П. Г.— Моторная функция желуд.-кишечн. тракта и витамин В₁, Дисс., К., 1951.
3. Богач П. Г.— XIII Наук. сесія Київськ. ун-ту, Тези доп., 1956, 21.
4. Богач П. Г.— Механизмы нервной регул. моторной функции тонкого кишечн., Изд-во Киев. ун-та, К., 1961.
5. Быков К. М.— Кора головного мозга и внутренние органы, Медгиз, М., 1942.
6. Быков К. М., Давыдов Г. М.— В сб.: Нервно-гумор. регул. в деят. пищеварит. аппарата у человека, М.—Л., 1935, 1, 55.
7. Булыгин И. А.— Арх. биол. наук, 1939, 54, 2, 65.
8. Риккль А. В., Глинская Е. П.— В сб.: Нервно-гумор. регул. в деят. пищеварит. аппарата человека, М.—Л., 1935, 1, 95.
9. Alvarez W. C.— JAMA, 1929, 92, 1231.
10. Cash J.— Proc. Roy. Soc., 1886, 41, 212.
11. Templeton R., Lawson H.— Am. J. Physiol., 1931, 96, 667.
12. Welch P., Plant O.— Am. J. Med. Sci., 1926, 172, 261.

Надійшла до редакції
5.IV 1968 р.

РОЛЬ ЖОВЧНИХ КИСЛОТ У ФОРМУВАННІ ЕЛЕКТРОЛІТНОГО СКЛАДУ ЖОВЧІ

В. Д. Романенко

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

За існуючими гіпотезами, перехід електролітів із крові в жовч може відбуватися шляхом транс- та інтерцелюлярної фільтрації [6], осмотичної фільтрації [10] або дифузії [4]. Хоч таке уявлення широко увійшло в літературу, ряд положень фільтраційного механізму формування електролітного складу жовчі має істотні суперечності. Зокре-

ма, у деяких тварин (щури) концентрація натрію і калію в жовчі може значно перевищувати її вміст у плазмі крові [11].

В наших раніше проведених дослідженнях [3] було також встановлено більш високу концентрацію електролітів у жовчі собак, серед яких найбільше виділявся кальцій. Ці дані не узгоджуються з наведеними гіпотезами утворення жовчі і вимагають більш детального розгляду її неорганічного складу у різних тварин. Виходячи з можливої участі органічних сполук, зокрема жовчних кислот у переносі катіонів, ми поставили завдання проаналізувати їх роль у формуванні її електролітного складу у тварин з різним типом харчування (м'ясоїдні, травоядні).

Методика досліджень

Дослідження проводились на собаках в умовах хронічного та гострого експериментів і кроликах у гострих дослідах. Концентрацію електролітів у жовчі та плазмі крові визначали методом полум'яної фотометрії, жовчних кислот — методом Кульберга — Моляревської. Про інтенсивність біоенергетичних процесів у тканині печінки судили за активністю АТФ-ази, яку визначали з використанням аденозин-5-трифосфornoї кислоти (двадцятихвилинна інкубація при температурі 37°C) як субстрату ферментативної реакції. Наведені результати статистично оброблені, вказана середня помилка та достовірність різниці.

Результати досліджень

Жовч різко відрізняється від секретів інших травних залоз. Це стосується не тільки органічних компонентів, але і вмісту неорганічних солей. Із основних електролітів в її складі найбільш висока концентрація солей натрію. Його вміст коливається у більшості собак в межах 166,0—187,0 *мекв/л*. Але, в окремих випадках можна спостерігати і більш значні відхилення від цих показників. Як видно з наведених на рис. 1 даних, вміст натрію в жовчі перевищує його концентрацію в крові на 2—15%. Ще в більшій мірі спостерігається концентраційна здатність печінки до калію. Про це свідчить його співвідношення в жовчі і плазмі крові, що становить 1,31 : 1 — 1,54 : 1. Якщо вміст калію в жовчі у тварин наведеної групи коливався від $6,6 \pm 0,49$ до $8,2 \pm 0,33$ *мекв/л*, то його рівень у крові не перевищував $4,7 \pm 0,19$ — $5,3 \pm 0,16$ *мекв/л* (рис. 2). Зіставлення електролітного складу жовчі і плазми крові виявляє найбільш істотну різницю в концентрації кальцію.

Як видно з наведених на рис. 3 даних, жовчно-плазмене співвідношення кальцію коливається у окремих тварин від 1,31 : 1 до 1,80 : 1.

На електролітний склад жовчі впливає порушення її enteroгепатичного кругообігу [2]. Якщо протягом досліду (три години) жовч поверталась у дванадцятипалу кишку, то концентрація натрію знижувалась на 6—8%. При повних же її втратах цей показник уже становив 14%. Ще більш істотні зміни відбувались у концентрації кальцію. Його вміст при збереженні enteroгепатичного кругообігу зменшувався на 13%, тоді як при відсутності повернення жовчі це падіння досягало 26,9%. Більш високий вміст електролітів в умовах збереження її enteroгепатичного кругообігу можна пояснити впливом на синтетичні процеси в печінці резорбованих у кишках складових компонентів жовчі — жовчних кислот та інших органічних сполук. У цьому зв'язку слід звернути увагу на дані про зміни іонного складу жовчі в умовах функціональної недостатності печінки.

Як відомо, у тварин з часом після утворення жовчної фістули знижується синтез фосфоліпідів, зменшується концентрація жовчних кислот та інших органічних компонентів [1]. Проведені нами спостереження на собаці Альфа через 12 місяців після утворення дуоденально-

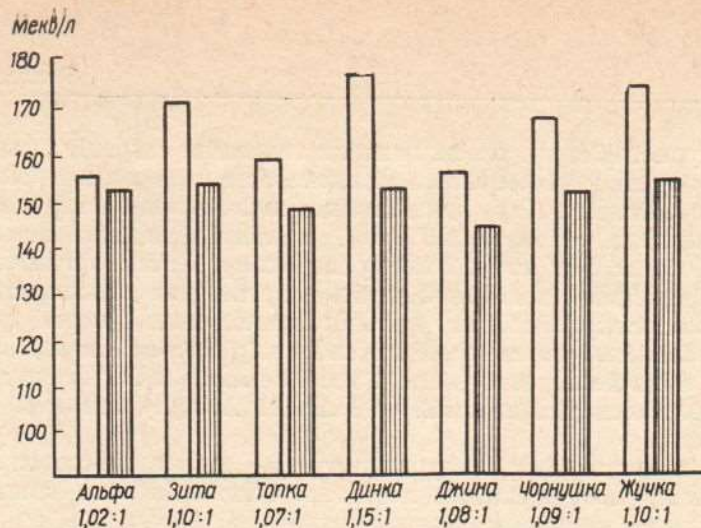


Рис. 1. Жовчно-плазмене співвідношення натрію у собак з хронічними дуоденально-жовчноміхурними фістулами.
Білий стовпчик — жовч, смугастий — плазма крові.

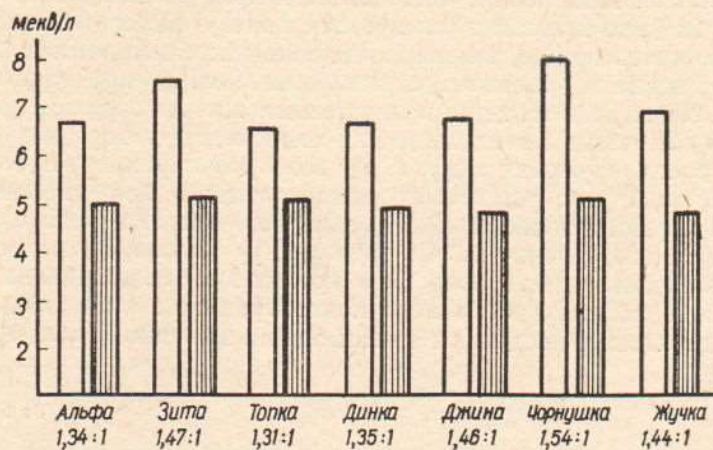


Рис. 2. Жовчно-плазмене співвідношення калію у собак з хронічними дуоденально-жовчноміхурними фістулами.
Позначення див. рис. 1.

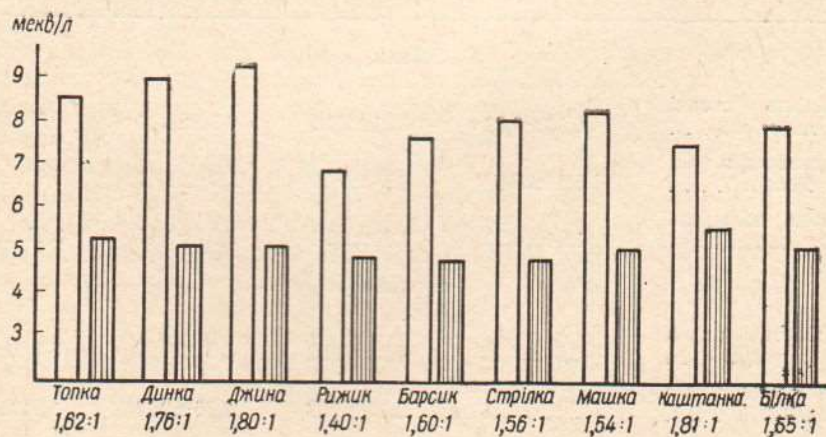


Рис. 3. Жовчно-плазмене співвідношення кальцію у собак з хронічними дуоденально-жовчноміхурними фістулами.
Позначення див. рис. 1.

жовчноміхурної фістули також виявили зниження секреції жовчі майже на 40% в порівнянні з першими післяопераційними днями і зменшення її твердого залишку. Так, концентрація жовчних кислот у цей період не перевищувала $1448,0 \pm 96,0$ мг%, а ліпопротеїдних комплексних сполук — $840,0 \pm 64,0$ мг%. Такому низькому вмісту органічних компонентів відповідав і невисокий рівень неорганічних електролітів. Особливо істотно знижувався вміст кальцію жовчі. Якщо в перші три місяці після операції його концентрація становила $7,2 \pm 0,35$ мекв/л, то через 12 місяців вона не перевищувала $4,5 \pm 0,34$ мекв/л. На більш низькому рівні утримувався також калій ($4,8 \pm 0,21$ мекв/л) і натрій ($143,9 \pm 4,3$ мекв/л).

Після введення натрій-таурохолату ($2,5$ мг/кг) спостерігалось різке посилення його виділення печінкою, внаслідок чого концентрація жовчних кислот протягом першої години збільшувалась до $2100,0 \pm 130,0$ мг%. В наступну годину їх рівень вже перевищував контрольні показники більше, ніж у три рази, і становив $4421,0 \pm 386,0$ мг%. Високому рівню холатів у жовчі відповідало і збільшення іонів натрію, калію і кальцію. При цьому, якщо вміст натрію збільшувався на 7,3%, калію на 26%, то кальцію збільшувався в жовчі більше ніж у два рази. Ці дані свідчать про те, що між виділенням жовчних кислот і електролітів існує певна кореляція, яка найбільш імовірно проявляється щодо кальцію. На зв'язок кальцію з виділенням жовчних кислот вказують і досліди з одночасним введенням цих компонентів у портальну систему. Якщо у собак в умовах інфузії 1%-ного розчину хлористого кальцію в дозі 10 мг/кг у *v. portae* його концентрація в жовчі підвищувалась протягом першої години на 27,5%, а другої — на 57,9%, то після додавання до такого розчину натрій-таурохолату ($2,5$ мг/кг) вміст кальцію зростає відповідно на 70 і 81,7%. У кроликів після додавання жовчних солей також збільшувалась його концентрація на 67,4 і 84,4% щодо 27,3% у дослідах з введенням тільки одного кальцію (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив натрій-таурохолату на виділення кальцію з жовчю

Досліджувані показники	Контроль $M \pm m$	Після інфузії CaCl_2 $M \pm m$	Після додавання до соляового розчину натрій-таурохолату	
			1 год $M \pm m$	2 год $M \pm m$
Собаки				
Кількість жовчі в мл/кг/год . . .	$0,26 \pm 0,03$	$0,31 \pm 0,03$	$0,30 \pm 0,04$	$0,28 \pm 0,03$
Концентрація Са в мекв/л	$7,1 \pm 0,6$	$8,7 \pm 0,79$	$12,1 \pm 1,17$	$12,9 \pm 1,31$
Валова кількість Са в мекв/кг/год	$1,84 \pm 0,20$	$2,69 \pm 0,24$	$3,63 \pm 0,41$	$3,61 \pm 0,40$
Кролики				
Кількість жовчі в мл/кг/год . .	$5,0 \pm 0,32$	$4,2 \pm 0,32$	$3,5 \pm 0,28$	$3,0 \pm 0,20$
Концентрація Са в мекв/л	$2,12 \pm 0,08$	$2,70 \pm 0,08$	$3,55 \pm 0,11$	$3,91 \pm 0,13$
Валова кількість Са в мекв/кг/год	$10,6 \pm 0,84$	$11,3 \pm 0,96$	$12,4 \pm 1,04$	$11,7 \pm 1,08$

Примітка. Досліди проведені на дев'яти собаках і семи кроликах.

Для з'ясування зв'язку між неорганічними електролітами жовчі і секрецією жовчних кислот та інших органічних компонентів, важливе зіставлення їх виділення у тварин з різним типом харчування (м'ясоїдні, травоядні). Особливості травлення м'ясоїдних і травоядних тварин зумовлюють виділення у складі жовчі різної кількості жовчних кислот, ферментів та інших органічних сполук, які можуть відігравати певну роль у транспорті електролітів із крові в жовч.

Проведені нами дослідження на собаках і кроликах показали істотну різницю у цих тварин як рівня секреції жовчі, так і інтенсивності виділення в її складі органічних і неорганічних сполук. Якщо у кроликів в умовах гострого експерименту виділялось $4,65 \pm 0,03$ мл/кг/год жовчі, то у собак цей рівень не перевищував $0,26 \pm 0,02$ мл/кг/год. Привертає увагу, що високому рівню секреції жовчі у кроликів відповідає і більш висока інтенсивність біоенергетичних процесів у печінці. Так, якщо у собак активність АТФ-ази тканини печінки становила $7,23 \pm 0,30$ мг Р неорг/г тканини, то у кроликів вона була більше ніж у два рази вища і досягала $14,55 \pm 0,41$ мг/г. У окремих собак ця величина коливалась від 6,07 до 10,14 мг Р неорг/г тканини, а у кроликів від 12,52 до 17,13 мг Р неорг/г тканини. Високий аденозинтрифосфатазний активності тканини печінки кроликів відповідає і більш інтенсивне виділення її тканиною у складі жовчі органічних і неорганічних компонентів.

Таблиця 2

Інтенсивність виділення органічних і неорганічних компонентів жовчі у собак і кроликів

Тварини	Кількість тварин	Середня вага тварин, в кг	Виділення за годину на 1 кг ваги тіла				
			Жовч, мл	Натрій, мкекв	Калій, мкекв	Кальцій, мкекв	Жовчні кислоти, мг
Собаки	18	$13,70 \pm 0,23$	$0,25 \pm 0,02$	$41,2 \pm 3,75$	$1,28 \pm 0,10$	$2,25 \pm 0,03$	$11,7 \pm 1,5$
Кролики	28	$2,45 \pm 0,12$	$4,65 \pm 0,03$	$693,7 \pm 45,0$	$17,3 \pm 1,5$	$12,1 \pm 0,77$	$38,9 \pm 6,8$

З даних табл. 2 видно, якщо у кроликів протягом години виділялось $693,7 \pm 45,0$ мкекв/кг/год натрію, то у собак цей показник майже в 16,8 рази менший і становить $41,2 \pm 3,75$ мкекв/кг/год. Виділення калію у кроликів також більш інтенсивне, ніж у собак. Протягом години у них виділялось у складі жовчі $17,3 \pm 1,5$ мкекв/кг/год, а у собак тільки $1,28 \pm 0,10$ мкекв/кг/год, що майже в 13,5 рази менше. Зіставлення виділення електролітів показує, що хоч у кроликів інтенсивність цього процесу вища, ніж у собак, але вона проявляється не в однаковій мірі до всіх компонентів. Це особливо відчутно щодо кальцію, інтенсивність виділення якого у кроликів перевищувала відповідний рівень у собак тільки в 5,4 рази. Що ж до жовчних кислот, то їх секреція у кроликів була вища в 3,5 рази порівняно з собаками.

Слід звернути увагу, що ця різниця проявляється і в концентраційному співвідношенні між неорганічними електролітами і вмістом жовчних кислот. Проведеними дослідженнями встановлено, що жовч і кров у кроликів за концентрацією електролітів істотно відмінні від цих показників у собак. Так, плазмена концентрація натрію у них становить $137,1 \pm 3,4$ мекв/л, калію $3,7 \pm 0,07$ мекв/л і кальцію $3,8 \pm 0,07$ мекв/л, що відповідно менше, ніж у собак на 5,2, 14 і 15,6%. Ще в більшій мірі відрізняється електролітний склад жовчі у цих тварин. Концентрація натрію в ній у кроликів становила $149,5 \pm 3,8$ мекв/л, а у собак $163,8 \pm 3,4$ мекв/л. Його жовчно-плазменне співвідношення коливалось у собак (гострі досліді) в межах 1,13:1, а у кроликів

1,08 : 1. Значна різниця спостерігається у калієвому складі жовчі м'ясоїдних і травоядних тварин. Якщо у кроликів його концентрація становила $4,05 \pm 0,21$ мекв/л, а жовчно-плазмене співвідношення — 1,13 : 1, то у собак в таких же умовах досліду його вміст коливався в межах $5,6 \pm 0,28$ мекв/л, а жовчно-плазмене співвідношення досягало 1,30 : 1. Ще в більшій мірі ця різниця стосується кальцію. Якщо за кальцієм жовч собак більше концентрована щодо плазми крові, а його співвідношення досягало 1,73 : 1, то у кроликів вона низько концентрована, про що свідчить і невисоке жовчно-плазмене співвідношення — 0,58 : 1. Високій концентрації в жовчі собак неорганічних електролітів відповідає і більш висока концентрація жовчних кислот ($4283,5 \pm 198,2$ мг), яка майже в 5,8 рази перевищувала її у кроликів ($735,9 \pm 59,4$ мг).

Аналіз наведених даних показує, що у тварин, які мають високу концентрацію жовчних кислот, більш високий вміст натрію, калію і, особливо, кальцію. Привертає увагу, що різниця в електролітному складі жовчі м'ясоїдних і травоядних тварин найбільш істотно проявляється щодо кальцію і в меншій мірі калію і натрію. Так, якщо концентрація натрію в жовчі собак більша, ніж у кроликів на 12%, калію на 40%, то кальцію — понад 3,7 рази.

Отже, високому вмісту жовчних кислот найбільш імовірно відповідає високий рівень кальцію. Це співвідношення підтверджує наявність зв'язку між виділенням кальцію і секрецією жовчних кислот. Аналізуючи з цих позицій особливості жовчоутворення у собак і кроликів, можна відзначити, що у м'ясоїдних для перетравлювання їжі, до складу якої входить велика кількість білків і жирів, необхідний відносно невеликий об'єм жовчі, але з високою концентрацією жовчних кислот та інших травних компонентів. Що ж до рослинної їжі, яка має велику кількість клітковини і незначний процент рослинних жирів, то для її перетравлювання потребується виділення великої кількості жовчі. З цих позицій можна пояснити біологічну доцільність виділення невеликої кількості концентрованої жовчі у собак і високу інтенсивність утворення низькоконцентрованої жовчі у кроликів.

Той факт, що вміст жовчних кислот найбільш імовірно корелює саме з кальцієм, дає підставу думати про наявність хімічного взаємозв'язку між цими компонентами. Таке припущення збігається з даними [9] про можливість утворення комплексів кальцію з гліцином і таурином. Завдяки такій взаємодії, таурохолеві жовчні кислоти значно підвищують розчинність кальцієвих солей [7, 8], сприяючи тим самим його переносу через клітинні мембрани та мембрани мітохондрій [5, 12]. Можливо, цим і можна пояснити більш високу концентрацію кальцію в жовчі собак щодо кроликів. Як відомо, у цих тварин виявляється різниця не тільки в кількісному, але і в якісному складі жовчних кислот. Якщо у собак переважають таурохолеві кислоти, то у кроликів основне місце посідає дезоксихолова кислота, яка не має такої вираженої властивості до утворення сполук з кальцієм. Цим також можна пояснити його низьку концентрацію в жовчі по відношенню до крові. Що ж до жовчі собак, то завдяки наявності таурохолевих кислот утворюються стійкі сполуки з кальцієм, які й створюють високу його концентрацію.

Література

1. Замычкина К. С., Гродзенский Д. Э.—В кн.: Физиол. и патол. желче-образ. и желчевыдел., Л., 1965, 46.
2. Романенко В. Д.—В кн.: Регуляция вегетат. функций, К., 1965, 141.
3. Романенко В. Д.—Тези доп. VIII Укр. з'їзду фізіологів, Львів, 1968.
4. Brauer R.—J. Am. Med. Assoc., 1959, 169, 1462.
5. Briscoe A., Ragan C.—Amer. J. Clin. Nutr., 1963, 13, 5, 277.