

Р. О. Файтельберг, В. І. Шамін

ВПЛИВ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ВСМОКТУВАННЯ ЗАЛІЗА В ТОНКОМУ КИШЕЧНИКУ

Залізо надходить в організм переважно у тривалентній формі у вигляді гідроокису або пухких хелатів. Тривалентне залізо харчових продуктів редукується під впливом соляної кислоти шлункового соку.

Процес всмоктування заліза залежить від потреби організму в цьому мікроелементі та посилюється при нестачі цього металу [11, 12, 14, 17]. Висловлюється думка про те [16], що в стовпчастих клітинах слизової оболонки тонкого кишечника існує спеціальний механізм, призначений для переносу заліза, основними елементами якого є білковий переносник і фермент «трансфераза заліза», який відщепляє залізо від переносника при переході його в плазму крові. При цьому гадають, що процес відщеплення заліза від переносника здійснюється із затратою енергії, яка одержується при переході АТФ в АДФ.

Слизова оболонка кишечника містить три фракції заліза: залізо зв'язане з білком у вигляді феритину, залізо, яке входить до складу сидерину і залізо не сполучене з білками [13]. При перенасиченні залізом в епітелії тонкої кишки виявляються внутріклітинні тільця, що мають вигляд тетраедричних міцел, які містять феритин. Ці «тільця» розташовуються в зоні комплексу Гольджі [10]. В епітелії кишечника залізо зв'язується з білком апоферитином, в результаті чого утворюється феритин. Залізо феритину, вивільнюючись, надходить у кров, де, сполучаючись з β -глобуліном, перетворюється на трансферин. Поглинання заліза здійснюється доти, поки кількість феритину в слизовій оболонці не досягне певного рівня «фізіологічного насичення», після чого настає «блокада» слизової оболонки [18]. Гадають, що всмоктування заліза залежить також й від ступеня насичення залізом транспортного білка крові трансферину [8].

Деякі автори гадають, що всмоктування заліза здійснюється незалежно від потреб організму [21]. Висловлюється точка зору про те [19], що регуляція резорбції заліза в кишечнику за фізіологічних умов не відіграє істотної ролі. При цьому підкреслюється, що визнання механізму «слизового блока» при застосуванні фармакологічних доз заліза небезпечно.

Максимальне всмоктування заліза здійснюється в перші 15—30 хв. Встановлено, що залізо, яке всмокталось у кишечнику щурів, надходить у порталну вену і в невеликих кількостях проникає в лімфатичну систему [9]. Резорбція заліза здійснюється в дві фази: початкова фаза триває 2 год. У цій фазі всмоктується 60—80% введеного заліза, решта резорбується в другій фазі, яка триває 12—20 год [20].

Розглядаючи закономірності резорбції заліза, деякі автори прийшли до висновку, що цей мікроелемент всмоктується в кишечнику людини, собак, щурів не шляхом дифузії, а активно, з використанням енергії та ферментних систем [7]. На користь цього свідчать і спостереження [15], які показали, що транспорт заліза в модельних дослідах

на вивернутих мішечках, утворених з дванадцятипалої кишки мишей, щурів і хом'яків, здійснюється більшою мірою при наявності в інкубаційному середовищі кисню, ніж азоту.

Дослідження останнього часу показали, що ентерально введене залізо в перші 3 год активно захоплюється щітковою каймою і розташовується в зоні ендоплазматичного ретикулу та вільних рибосом; дуже малі кількості заліза містяться в лізосомах. В літературі є дані про всмоктування заліза в кишечнику при впливі різних факторів на організм. Проте досі майже не вивчений вплив гойдання і м'язової діяльності на всмоктування заліза в тонкому кишечнику.

Ми вивчали в хронічних експериментах резорбцію сірчанокислого заліза в тонкому кишечнику собак при гойданні та під час м'язової діяльності.

Методика досліджень

Досліди проведені на собаках з ізольованою петлею тонкої кишки за методом Тірі — Павлова довжиною 22—25 см. В петлю кишки на 15 хв вводили 40 мг 0,25% розчину сірчанокислого заліза, розведеного в 16 мл дистильованої води. Після встановлення всмоктування заліза в нормі піддослідних тварин загойдували на чотириштанговій гойдалці Хілова, яка дає можливість відтворювати гойдання, що нагадує мертвий зиб і авіаційну качку. Довжина штанги гойдалки становила 3,5 м, частота гойдання 16—18 на хв, підйом площадки здійснювався на 0,5 м. Гойдання піддослідних собак тривало 15 і 30 хв. При падінні від пункту А площадка гойдалки набуває все більшу швидкість, яка досягає в пункті В максимуму. При підйомі від В до С швидкість поступово зменшується, і, досягнувши пункту С, дорівнює 0. Те саме відбувається і в зворотному напрямку. Отже, при гойданні експериментальної площадки ми маємо справу з нерівномірно прискореним і нерівномірно уповільненим рухом, при цьому тіло, прикріплене до площадки, зазнає дії сили, що становить прямолінійну складову відцентрової сили та сили ваги.

Механічні сили, що виникають при гойданні, викликають подразнення отолітового апарата і рухомих внутрішніх органів, переважно в пунктах найвищого підйому площадки (С і А). Швидкість гойдання визначали за математичним розрахунком [3].

Для м'язової діяльності ми використовували третбанд з різними швидкостями руху бігової доріжки — 5 і 13 км/год. М'язова діяльність тривала 15 хв. Про всмоктування заліза ми судили за різницею між кількістю введеного та вилученого з петлі кишки металу. Кількість заліза в розчині та у вилученій з кишки рідині визначали аналітичним методом. Після осадження білків до вилученого з петлі кишки розчину додавали 0,35 мл 40% розчину дифеніламіну, 10 мл сірчаної кислоти в розведенні 1:4 і 2 мл концентрованої фосфорної кислоти, після чого здійснювали титрування 0,1 н. розчином біхромату калію до появи фіолетового забарвлення. Паралельно з цим вміст заліза в розчині визначали фотоколориметричним методом за Генрі із застосуванням бета-фенантроліну.

Одержані результати виражали в мг всмоктаного заліза і в процентах по відношенню до кількості введеного мікроелемента. На чотирьох безпородних собаках-самцях віком 3—5 років проведено 240 дослідів.

Результати досліджень

Як показали проведені дослідів, в нормі у собаки Каштана з 40 мг введеного заліза всмоктується в середньому 18,42 мг або 46,4%. В петлі кишки собаки Мальчика всмоктується в середньому 18,34 мг або 44,7%. У середньому по групі собак всмоктування заліза в нормі становить 17,67 мг або $42,3 \pm 1,85\%$.

В петлі кишки собаки Каштана при гойданні протягом 15 хв всмоктування становило в середньому 25,04 мг або $62,93 \pm 0,74\%$ заліза, а з подовженням тривалості гойдання до 30 хв всмоктується в середньому 29,88 мг або $74,9 \pm 0,97\%$ заліза (рис. 1).

В кишці собаки Мальчика при гойданні протягом 15 хв всмоктується в середньому 24,16 мг або $60,51 \pm 0,72\%$ заліза; при гойданні протягом 30 хв резорбція мікроелемента підвищилась і становила в середньому 30,32 мг або $75,8 \pm 0,31\%$.

Результати дослідів помітне по-
15 хв всмоктування при гойданні становило 30,10 мг або 75,25%. Отже, при гойданні протягом 15 хв всмоктування становило 30,10 мг або 75,25%. Помітне збільшення м'язової діяльності

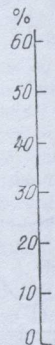


Рис. 1. Результати дослідів а — норма, б — гойдання

40 мг введеного заліза всмоктується в середньому 17,00 мг або 42,5%. Бігу з швидкістю 13 км/год всмоктується 25,48 мг або 63,7%. Авіаційна качка всмоктується 16,55 мг або 41,4%. Мертвий зиб всмоктується 25,04 мг або 62,6%.

При гойданні протягом 15 хв всмоктування становило в середньому 25,04 мг або 62,6%. Авіаційна качка всмоктується 16,55 мг або 41,4%. Мертвий зиб всмоктується 25,04 мг або 62,6%.

На підставі цих дослідів можна зробити висновок, що при гойданні швидкість всмоктування заліза становить 13 км/год різке початкове збільшення становить 8 і 13 км/год після закінчення гойдання.

кишки мишей, вності в інкуба-

вно введене за-мою і розташо-хрибосом; ду-турі є дані про-кторів на орга-м'язової діяль-

сірчаноокислого час м'язової

ишки за методом-или 40 мг 0,25%и. Після встанов-на чотириштанго-нагадує мертвий-частота гойдання-дослідних собак-буває все більшу-С швидкість по-відбувається і в-и ми маємо спра-при цьому тіло,-ну складову від-

ення отолітового-ого підйому пло-озрахунком [3].-видкостями руху-ро всмоктування-о з петлі кишки-али аналітичним-взчину додавали-нні 1:4 і 2 мл-0,1 н. розчином-вміст заліза в-осуванням бета-

ентах по відно-собаках-самцях

гана з 40 мг-6,4%. В пет-8,34 мг або-в нормі ста-

15 хв всмок-заліза, а з-середньому

в всмоктує-йданні про-ла в серед-

Результати дослідів, одержані по групі собак, також підтверджують помітне посилення резорбції мікроелемента. При гойданні протягом 15 хв всмоктується в середньому 24,6 мг або $61,88 \pm 0,52\%$ металу, а при гойданні протягом 30 хв резорбція заліза становить у середньому 30,10 мг або $75,2 \pm 0,46\%$ (рис. 2).

Отже, всмоктування заліза посилюється з подовженням тривалості гойдання.

Помітною мірою посилюється всмоктування заліза під впливом м'язової діяльності. При бігу з швидкістю 5 км/год протягом 15 хв з

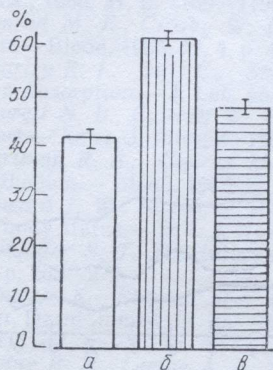


Рис. 1. Резорбція заліза при гойданні. а — норма, б — гойдання протягом 15 хв, в — гойдання протягом 30 хв.

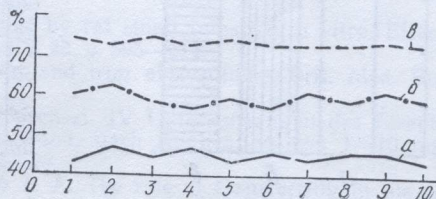


Рис. 2. Динаміка всмоктування заліза при гойданні.

По горизонталі — кількість дослідів, інші умовні позначення див. рис. 1.

40 мг введеного мікроелемента в петлю кишки собаки Вовчка всмоктувалося в середньому 25,04 мг або $62,6 \pm 0,36\%$ заліза (в нормі всмоктувалось 17,00 мг або 41% введеного металу). В кишці собаки Рижика при бігу з швидкістю 5 км/год протягом 15 хв всмоктувалось у середньому 25,48 мг або $63,04 \pm 0,96\%$ металу; в нормі за цей же строк всмоктувалось 16,55 мг або $41,3 \pm 1\%$. Середні дані, одержані по групі собак, становили 25,04 мг або $62,68 \pm 0,75\%$, у нормі 17,22 мг або $43,05 \pm 1,17\%$.

При збільшенні швидкості бігу до 13 км/год протягом 15 хв резорбція заліза в кишці собаки Вовчка становила в середньому 19,1 мг або $48,54 \pm 1,01\%$, у нормі всмоктувалось 18,72 мг — 46,4%, тобто змін не відзначено. У кишці собаки Рижика при бігу з швидкістю 13 км/год протягом 15 хв резорбція заліза в середньому становила 19,77 мг — $49,0 \pm 0,94\%$, в нормі всмоктувалось 17,04 мг — 39,7% введеного мікроелемента, тобто відзначене посилення всмоктування (рис. 3). Результати дослідів, одержані по групі собак при бігу з швидкістю 13 км/год протягом 15 хв показали, що всмоктування сірчаноокислого заліза в середньому становило 18,43 мг — $48,1 \pm 1,58\%$, у нормі резорбувалось 16,42 мг — $42,21 \pm 1,57\%$ металу, тобто відзначене невелике посилення всмоктування заліза (рис. 4).

На підставі цих даних ми можемо зробити висновок, що при збільшенні швидкості руху собаки в третбані резорбція заліза хоч і підвищується, проте не такою великою мірою. Тварини при бігу з швидкістю 13 км/год сильно стомлювались, відзначалось обширне слиновиділення, різке почастищення пульсу. У піддослідних собак пульс у стані спокою становив 88—90 ударів за хвилину, а після бігу в третбані з швидкістю 5 і 13 км/год — відповідно 135—156 ударів за хвилину. Через 5—7 хв після закінчення бігу частота пульсу досягала вихідного рівня.

Обговорення результатів досліджень

В результаті проведених дослідів ми встановили, що всмоктування заліза з 0,25% розчину сірчаноокислого заліза при гойданні на гойдалці Хілова протягом 15 хв посилюється, але меншою мірою, ніж при гойданні протягом 30 хв. Це збігається з результатами досліджень, проведених у нашій лабораторії [2], в яких було показано, що в ізольованій

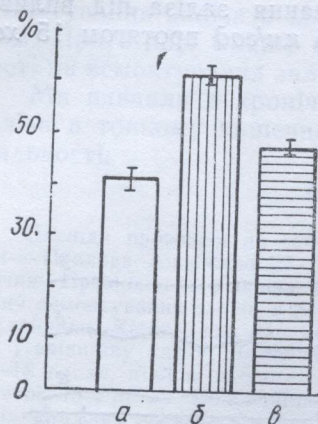


Рис. 3. Резорбція заліза при м'язовій діяльності:

а — норма, б — біг з швидкістю 5 км/год протягом 15 хв, в — біг з швидкістю 13 км/год протягом 15 хв.

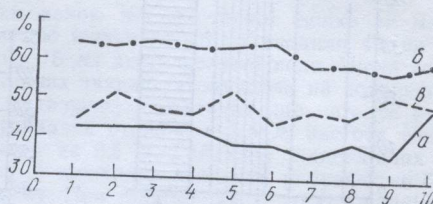


Рис. 4. Динаміка всмоктування заліза при м'язовій діяльності.

По горизонталі — кількість дослідів, інші умовні позначення див. рис. 3.

петлі тонкого кишечника собак за Тірі — Павловим при гойданні на гойдалці Хілова протягом 30 хв посилюється всмоктування міді і марганцю. М'язова діяльність у наших дослідів (біг у третбані з швидкістю 5 км/год протягом 15 хв) також посилює всмоктування заліза в тонкому кишечнику щурів при м'язовій діяльності. Слід відзначити, що м'язове навантаження невеликої інтенсивності викликає посилення всмоктування глюкози в петлі порожньої кишки собак [1, 4].

Підвищення інтенсивності м'язової діяльності (біг у третбані з швидкістю 13 км/год протягом 15 хв) лише незначно посилює всмоктування глюкози в кишечнику собак при бігу в третбані з швидкістю 13,5 км/год [5].

Висновки

1. В тонкому кишечнику собак з 0,25% розчину сірчаноокислого заліза за 30 хв здійснюється значна резорбція заліза.
2. Всмоктування заліза в кишечнику змінюється при фізичних навантаженнях. При гойданні протягом 15 і 30 хв на гойдалці Хілова всмоктування заліза підвищується відповідно з 24,6 мг — $61,88 \pm 0,52\%$ до 30,10 мг — $75,2 \pm 0,46\%$.
3. При м'язовій діяльності (біг у третбані) з швидкістю 5 км/год всмоктування заліза посилюється; при бігу з швидкістю 13 км/год посилення всмоктування заліза незначне.

Література

1. Станец М. П. Процессы всасывания в тонком кишечнике во время движения животного. — Тез. докл. на научн. совещ. по физиол. и патол. пищеварен., посвящ. 70-летию И. П. Разенкова. М., 1958. с 40—41.

2. Файтельберг Р. О., Удалов Ю. Ф., Семенюк Л. І. Зміна всмоктувальної і секреторної діяльності кишечника під впливом прямолінійних прискорень.— Фізіол. журн. АН УРСР, 1975, 21, № 5, с. 660—666.
3. Хиллов К. А. Функция органа равновесия и болезней передвижения. Л., «Медицина», 1969, с. 165—194.
4. Цонева Т. М., Алехина Г. Ф., Зельцер Е. И. Влияние мышечной работы на процессы всасывания в тонком кишечнике.— Труды Одес. ун-та. Т. 150. Сер. биол. наук, вып. 9. Вопр. физиол. и патол. пищев. Одесса, 1960, с. 83—87.
5. Шиян Б. М. Влияние бега на резорбтивную функцию тонкой кишки.— Труды Одес. отд. Укр. об-ва физиологов. Вопр. физиол. пищевар. Одесса, 1969, с. 156—162.
6. Crosby W. H. Control of iron absorption by intestinal luminal factors.— Amer. Clin. Nutr., 1968, 21, p. 1189—1196.
7. Conrad M. E., Crosby W. H. Intestinal mucosal mechanism controlling iron Absorption.— Blood, 1963, 22, 4, p. 406—421.
8. Charley R. I., Stitt C., Shore E., Salman P. Studies in the regulation of intestinal iron Absorption.— J. Lab. and Clin. Med., 1963, 61, p. 397—412.
9. Everett N. B., Ciarrett W. F., Simmons B. S. Lymphatics in iron absorption and transport.— Amer. J. Physiol., 1954, 178, p. 45—48.
10. Hartman R. S., Conrad M. E. Ferritin containing bodies in human small intestinal epithelium.— Blood, 1963, 22, p. 397—409.
11. Howard J. W., Jacobs A. Iron transport by rat small intestine in vitro. Effect of iron on body status.— Brit. J. Haematol., 1972, 23, p. 595—614.
12. Kollander S. T. The intestinal mucosa and iron absorption.— Brit. Med. Bull., 1967, 23, p. 263—272.
13. Konitzer K. Studien uber den Eisenwechsel. IV Untersuchungen des Eisentransfers. Von Darm lumen in das Blut beim Hund, nach Application von 1—10 mg Radioisotopen.— Z. gesamt in. Med., 1962, S. 17—28.
14. Levine P. H., Levine A. I., Weintraub L. K. The role of transferring in the control of iron absorption. Studies on a Cellular Level.— J. Lab. and Clin. Med., 1972, 80, N 3, p. 333—345.
15. Mannis I., Schashter D. Active transport of iron by intestine mucosal iron pools.— Amer. J. Physiol., 1964, 207, N 4, p. 893—902.
16. Pinkerton P. H. Control of iron absorption by the intestinal epithelial cell. Amer. J. Intern. Med., 1969, 70, N 2, p. 401—416.
17. Rieber E. E., Conrad M. E., Crosby W. H. Gastroectomy and iron absorption: Effect of bleeding, iron loading and ascorbic acid in rats.— Proc. Soc. Exp. Biol. and Med., 1967, 124, N 2, p. 577—589.
18. Smith M. D., Pannaciulli I. M. Absorption of inorganic iron from graded doses.— Brit. J. Haematol., 1958, N 4, p. 1428—1438.
19. Wiseman S. E. Absorption from the intestine. New York, 1964. 320 p.
20. Wheby M. S., Crosby W. H. The gastrointestinal tract and iron absorption.— Blood, 1963, 22, p. 416—423.
21. Wallerstein K. O., Robbins S. L. Hemochromatosis after prolonged oral iron therapy, in a patient with chronic hemolytic anemia.— Amer. J. Med., 1953, 14, p. 256—254.

Кафедра фізіології людини і тварин
Одеського університету

Надійшла до редакції
20.IV 1976 р.

R. O. Faitel'berg, V. I. Shalin

EFFECT OF PHYSICAL LOADS ON IRON ABSORPTION IN SMALL INTESTINE

Summary

Absorption of iron from 0.25% solution of iron sulphate in small intestine was studied as affected by physical loads in the chronic experiments on dogs with isolated loop of small intestine by Thiry—Pavlov. It is established that with motion disease in Khilov swing for 15 and 30 min iron resorption increases from 24.6 mg or 61.88±0.52% in normalcy to 30.10 mg or 75.2±0.46%, respectively. Absorption of iron is intensified when running in the treadbahn with the rate of 5 km/h. Absorption of iron is intensified insignificantly when running with a rate of 13 km/h.

Department of Human and Animal Physiology,
State University, Odessa