

МОДЕЛЬ ХВИЛЬОВОГО ПРОЦЕСУ ВМІСТУ ПРЯМОЇ КИШКИ ПІД ДІЄЮ ПЕРИСТАЛЬТИЧНИХ РУХІВ

Вступ. Хронічний колостаз об'єднує широкий спектр захворювань, для яких характерне стійке порушення моторно – евакуаторної функції товстої кишки [4]. Просування кишкового вмісту по товстій кишці відбувається за рахунок рухової активності кишкової стінки, яка розподіляється на: скорочення, перистальтичні і антиперистальтичні рухи та мас-скорочення [1]. В дистальних відділах товстої кишки (ДВТК) більш виразні перистальтичні рухи, які в комбінації з скороченнями повздожних м'язів сприяють проштовхуванню бонусу до анального каналу, тобто безпосередньо до зони дії сфінктерів [3]. Однак, співвідношення депонуючої та евакуаторної функцій ДВТК на сьогоднішній день викликає багато суперечливих поглядів на механізм цієї співдії. Крім того предметом сучасної медицини стають окремі проблеми розвитку хірургії, зокрема: діагностика як процес, визначення захворювання як категорії, а також відновлення здоров'я [1; 2].

Метою роботи було створення математичної моделі рухової активності прямої кишки як хвильового процесу під дією вмісту останньої.

Виклад основного матеріалу дослідження. Середовище, яке рухається по каналу прямої кишки, будемо вважати умовно в'язко-пластичним.

Внаслідок рефлекторних скорочень (деформацій) стінок кишки по них буде пробігати поверхнева хвиля, яка надаватиме додаткового руху середовищу, визначатиме форму і параметри цього руху.

Для вивчення такої хвилі введено рухому і нерухому систему координат $O_1x_1y_1z_1$ і $Oxyz$. Поверхню хвилі задамо рівнянням в рухомих координатах де $y_1=f_2(x_1)$, $\{x_1y_1\}$ – область визначення z_1 .

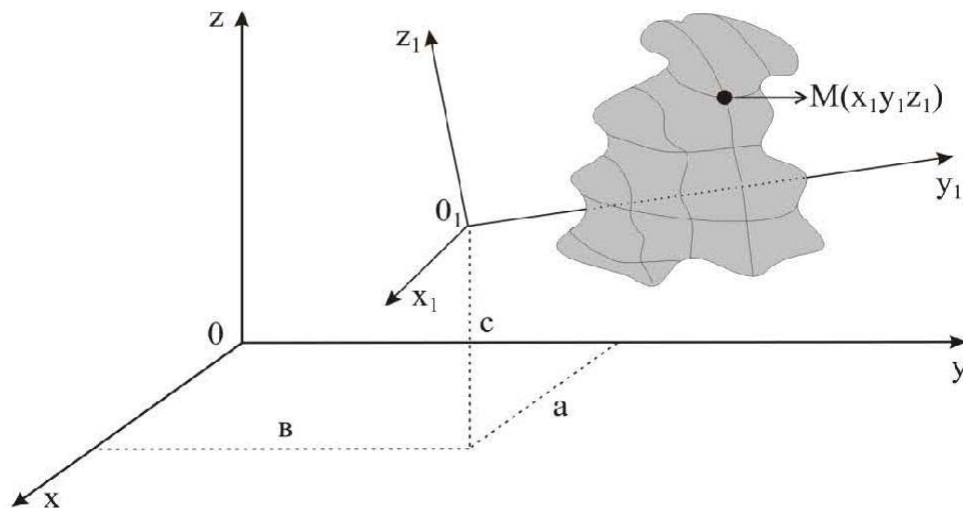


Рис. 1. Поверхнева хвиля деформації на поверхні гнучкого тягового органу

При чому поверхні гнучкого тягового органу:

$$\begin{aligned}
 x &= a + x_1 \cos \alpha_1 + y_1 \cos \alpha_2 + z_1 \cos \alpha_3 \\
 y &= b + x_1 \cos \beta_1 + y_1 \cos \beta_2 + z_1 \cos \beta_3 \\
 z &= c + x_1 \cos \gamma_1 + y_1 \cos \gamma_2 + z_1 \cos \gamma_3,
 \end{aligned} \tag{1}$$

де $a, b, c, \alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ ($i=1,2,3$) – функції часу. Параметри a і b будуть обмежуватись розмірами кишки в горизонтальному перерізі; параметр c – відстанню між виступами в середині кишки.

Якщо скорочення кишки відбувається з періодом T , то частота скорочення буде дорівнювати:

$$v = \frac{1}{T} \quad \text{і} \quad \omega = \frac{2\pi}{T}.$$

Тоді $\alpha_i = \frac{2\pi}{T}t + \varphi_{1i}$

$$\beta_i = \frac{2\pi}{T}t + \varphi_{2i}$$

$$\gamma_i = \frac{2\pi}{T}t + \varphi_{3i}, \quad i=1,2,3,$$

де $\varphi_{1i}, \varphi_{2i}, \varphi_{3i}$ – початкові фази руху середовища.

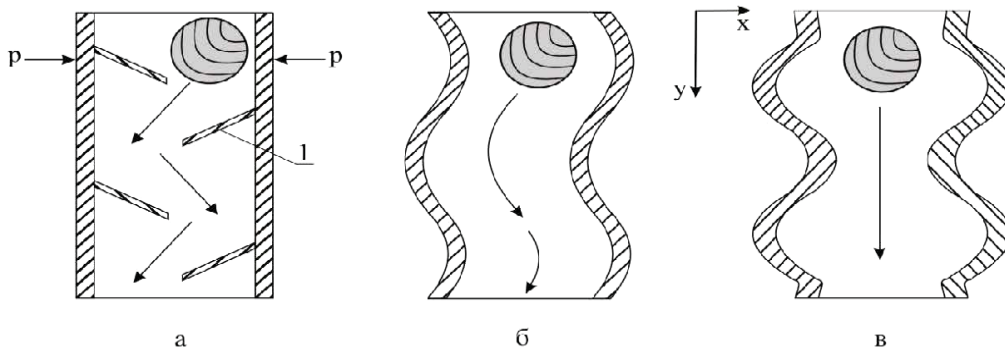


Рис. 2. Варіанти руху вмісту досліджуваного хвильового конвеєру

Рух матеріалу в такій порожнині можна розкласти на два рухи:

- перший рух нагадує переміщення поперечної хвилі в пружному середовищі (рис. 2б);
- другий являє собою переміщення в умовах виникнення радіальної хвилі від перистальтичного руху (рис. 2в).

Крім того наявність шкіркових зморшок 1 (рис.2а) дозволяє отожднити досліджуване переміщення з рухом по спіральним напрямкам.

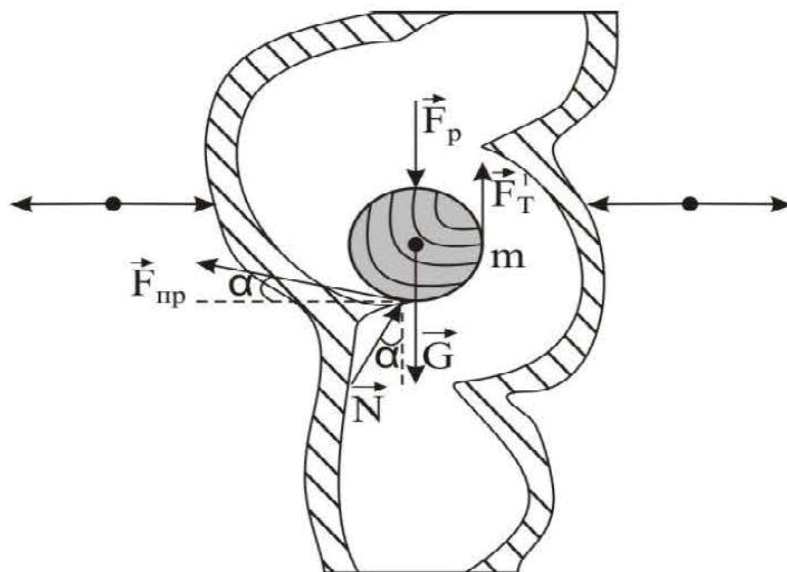


Рис. 3. Розрахункова схема системи переміщення вмісту кишки

Розглянемо рух в'язко-пластичного середовища по каналу прямої кишки, коли на нього діють: сила тяжіння G , сила внутрішнього тертя F'_T , сила прилипання до стінок F_{np} , сила нормальної реакції з боку стінок N , а також сила тиску з боку стінок, що виникає внаслідок їх рефлекторних скорочень F_p (рис. 3).

Запишемо диференціальні рівняння руху елемента середовища в проекціях на координатні осі (вважаємо, що горизонтальний рух однаковий по всьому перерізу):

$$\begin{cases} m\ddot{x} = G - F'_T - F_{np} \sin \alpha - N \cos \alpha + F_p \\ m\ddot{y} = N \sin \alpha - F_{np} \cos \alpha \end{cases} \quad (2)$$

Визначимо сили, які входять в систему рівнянь (2).

Сила тяжіння дорівнює

$$G = mg, \text{ де } m - \text{ маса середовища.}$$

Силу внутрішнього (в'язкого) тертя знайдемо за формулою стокса:

$$F'_T = 6\pi\eta R\dot{x},$$

де η – в'язкість середовища, R – середній радіус елемента маси середовища, \dot{x} – швидкість руху елемента середовища.

Силу прилипання знаходимо за формулою:

$$F_{np} = \lambda \cdot S_k,$$

де λ – коефіцієнт присипання,

S_k – площа контакту елемента середовища і стінки.

В загальному випадку прилипання до стінок включає в себе також тертя між середовищем і стінками, тому можна записати:

$$F_{np} = fN.$$

Звідки знайдемо нормальну реакцію стінок

$$N = \frac{F_{np}}{f} = \frac{\lambda S_k}{f},$$

де f – коефіцієнт тертя матеріалу і стінок.

Сила F_p виникає внаслідок зміни швидкості матеріалу від скорочень стінок кишки, тому

$$F_p = m \frac{\Delta v}{\tau},$$

де τ – час одного скорочення.

Дану зміну швидкості знайдемо із закону Бернуллі і рівняння нерозривності потоку середовища:

$$p_1 + \rho gh + \frac{\rho v_1^2}{2} = p_2 + \rho gh + \frac{\rho v_2^2}{2}$$

$$v_1 S_1 = v_2 S_2,$$

де p_1 – тиск на стінку до скорочення,

p_2 – тиск на стінку під час скорочення,

$$S_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}, \quad S_2 = \frac{\pi d_2^2}{4} \text{ – площі поперечного розрізу кишки, } \rho gh \text{ – статичний}$$

тиск на матеріал, ρ – густина матеріалу, $V_1=V_0$ – початкова швидкість матеріалу, V_2 – кінцева швидкість матеріалу.

Перетворюючи формули (3) отримуємо

$$\Delta v = \frac{\Delta p d_2^2}{\rho v_0 d_1^2}.$$

Таким чином

$$F_p = \frac{m \Delta p d_2^2}{\tau \rho v_0 d_1^2}.$$

Враховуючи отримані значення сил, рівняння (2) приймають вигляд

$$\left\{ \begin{array}{l} \ddot{x} = g - \frac{6\pi\eta R}{m} \dot{x} - \frac{\lambda S_k}{m} \sin \alpha - \frac{\lambda S_k}{mf} \cos \alpha + \frac{\Delta p d_2^2}{\tau \rho v_0 d_1^2} \\ \ddot{y} = \frac{\lambda S_k}{mf} \sin \alpha - \frac{\lambda S_k}{m} \cos \alpha \end{array} \right. \text{Або}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \ddot{x} + \frac{6\pi\eta R}{m} \dot{x} = \frac{\Delta p d_2^2}{\tau \rho v_0 d_1^2} - \frac{\lambda S_k}{m} \left(\sin \alpha + \frac{\cos \alpha}{f} \right) + g \\ \ddot{y} = \frac{\lambda S_k}{mf} \left(\sin \alpha - \frac{\cos \alpha}{m} \right) \end{array} \right. \quad (4)$$

Тут α – кут нахилу виступів всередині кишки до горизонталі.

$$\left\{ \begin{array}{l} \ddot{x} + \frac{6\pi\eta R}{m} \dot{x} = \frac{\Delta p_x d_2^2}{\tau \rho v_0 d_1^2} - \frac{\lambda S_k}{m} \left(\sin \alpha + \frac{\cos \alpha}{f} \right) \\ \ddot{y} + \frac{6\pi\eta R}{m} \dot{y} = \frac{\Delta p_x d_2^2}{\tau \rho v_0 d_1^2} - \frac{\lambda S_k}{m} \left(\sin \alpha - \frac{\cos \alpha}{f} \right) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \ddot{x} + \alpha_x \dot{x} = a_x \sin \omega t - B_1 \\ \ddot{y} + \alpha_x \dot{y} = a_y \cos \omega t - B_2 \end{array} \right.$$

$$\alpha_x = \alpha_y = \alpha \quad a_x = a_y = a$$

$$B_1 = \frac{\lambda S_k}{m} \left(\sin \alpha + \frac{\cos \alpha}{f} \right) + g$$

$$B_2 = \frac{\lambda S_k}{m} \left(\frac{\cos \alpha}{f} - \sin \alpha \right)$$

Розв'язуємо рівняння методом Коші для лінійного неоднорідного диференціального рівняння з постійними коефіцієнтами:

$$\ddot{x} + \alpha \cdot \dot{x} = a \sin \omega t - B_1;$$

складаємо характеристичне рівняння:

$$k^2 + \alpha k = 0 \Rightarrow k(k + \alpha) = 0, \quad k_1 = 0, \quad k_2 = -\alpha.$$

Тоді загальне рішення диференціального рівняння складає: $\bar{x} = A_1 + A_2 e^{-\alpha t}$.

Часткове рішення даного рівняння має дві складові:

$$x_1^* = A_3 = 0$$

$$x_2^* = A_4 \sin \omega t + A_5 \cos \omega t$$

$$-A_4 \omega^2 \sin \omega t - A_5 \omega^2 \cos \omega t + \alpha A_4 \omega \cos \omega t - \alpha A_5 \omega \sin \omega t = a \sin \omega t$$

$$\begin{cases} -A_4 \omega^2 - \alpha A_5 \omega = a \\ -A_5 \omega^2 - \alpha A_4 \omega = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A_4 = \frac{a\omega}{\omega^2 - \alpha^2} \\ A_5 = \frac{a\alpha}{\omega^2 - \alpha^2} \end{cases}$$

Таким чином, шукане рішення можна представити у вигляді:

$$x = \bar{x} + x^* = A_1 + A_2 e^{-\alpha t} + \frac{a\omega}{\omega^2 - \alpha^2} \sin \omega t + \frac{a\alpha}{\omega^2 - \alpha^2} \cos \omega t.$$

Враховуючи початкові умови $\begin{cases} x_0 = 0 \\ \dot{x}_0 = 0 \end{cases}$:

$$\begin{cases} A_1 = \frac{a(\omega^2 + \alpha^2)}{(\alpha^2 - \omega^2)(1 + \alpha)} \\ A_2 = \frac{a(\omega^2 - \alpha^2)}{(\omega^2 - \alpha^2)(1 + \alpha)} \end{cases}$$

Підставляючи отриманні вирази, шукане рівняння набуває вигляду:

$$\begin{aligned} x &= \frac{a(\omega^2 + \alpha^2)}{(\alpha^2 - \omega^2)(1 + \alpha)} + \frac{a(\omega^2 - \alpha^2)}{(\omega^2 - \alpha^2)(1 + \alpha)} e^{-\alpha t} + \frac{a\omega}{\omega^2 - \alpha^2} \sin \omega t + \frac{a\alpha}{\omega^2 - \alpha^2} \cos \omega t = \\ &= \frac{a}{(\alpha^2 - \omega^2)(1 + \alpha)} (\omega^2 + \alpha^2 - (\omega^2 - \alpha^2)e^{-\alpha t}) + \frac{a}{\omega^2 - \alpha^2} (\omega \sin \omega t + \alpha \cos \omega t) \end{aligned}$$

Аналогічно отримуємо рішення рівняння $\ddot{y} + \alpha \cdot \dot{y} = a \cos \omega t - B_2$ у вигляді

$$y = A_6 + A_7 e^{-\alpha t} + \frac{\alpha a}{\omega(\omega^2 + \alpha^2)} \sin \omega t - \frac{a}{\omega^2 + \alpha^2} \cos \omega t$$

$$\begin{array}{l} \text{Враховуючи початкові умови} \\ \left. \begin{array}{l} y_0 \neq 0 \\ \dot{y}_0 \neq 0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} A_6 = 0 \\ A_7 = \frac{a}{\omega^2 + \alpha^2} \end{array} \end{array}$$

Тоді шукане рівняння складає:

$$\begin{aligned} y &= \frac{a}{\omega^2 + \alpha^2} e^{-\alpha t} + \frac{\alpha a}{\omega(\omega^2 + \alpha^2)} \sin \omega t - \frac{a}{\omega^2 + \alpha^2} \cos \omega t = \\ &= \frac{a}{\omega^2 + \alpha^2} \left[e^{-\alpha t} + \frac{\alpha}{\omega} \sin \omega t - \cos \omega t \right] \end{aligned}$$

Висновки:

1. Зовнішня дія на вміст ДВТК представлена осьюовою та радіальною складовою сили тиску у вигляді хвильового конвеєру осьюової та рухової дії.
2. Представлена модель враховує напрямки руху, які запобігають проковзуванню вмісту болюсу, створюючи дисипативні опори.

ЛІТЕРАТУРА

1. Основы колопроктологии / Под ред. Г.И.Воробьева. – М.: ООО «Медицинское информационное агенство», 2006. – 432 с.
2. Торохтін О.М. Діагностика, реабілітація, ефективність // Теоретико-практичне дослідження математичної функціонально-діагностичної n-вимірної моделі станів організму на прикладі інфаркту міокарда. – Карпати, 1999. – 206 с.
3. Фениш Х. Карманный атлас анатомии человека. – Минск, «Интерпрессервис», 2002. – 464 с.
4. Яремчук А.Я., Радолицкий С.Е., Топчий Т.В., Морозова Н.Л. Хронический колостаз – особенности клиники и диагностики // Вестник хирургии. – 1990. – №7. – С.113 – 115.

В. І. Коростій,

доктор медичних наук, професор

А. М. Кожина,

доктор медичних наук, професор

М. В. Маркова,

доктор медичних наук, професор,

Харківська медична академія післядипломної освіти

СИСТЕМА ПСИХОТЕРАПЕВТИЧНОЇ КОРЕКЦІЇ ЕМОЦІЙНИХ РОЗЛАДІВ І МЕДИКО-ПСИХОЛОГІЧНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ ОСІБ МОЛОДОГО ВІКУ З ЕМОЦІЙНИМИ РОЗЛАДАМИ ПРИ ПСИХОСОМАТИЧНИХ ЗАХВОРЮВАННЯХ

Ефективне лікування й профілактика психосоматичних захворювань (ПСЗ) у класичному розумінні цього терміна (бронхіальної астми (БА), пептичної виразки (ПВ), артеріальної гіпертензії (АГ) та ін.) є важливою проблемою у зв'язку з високою частотою хронічного перебігу, ростом захворюваності й поширеності цієї патології. Частота психосоматичних розладів серед населення становить 15–50%, а в загальномедичній практиці частка таких хворих досягає, за даними різних авторів, від 30 до 57%. Соматичні за основними своїми проявами, класичні психосоматичні захворювання на всіх етапах свого розвитку тісно пов'язані зі змінами психічного стану пацієнтів, особливо в емоційній сфері.