

---

© Костюк Г.Я., Костюк О.Г., Голубовський І.А., Бурков М.В., Трилюк О.І., Костюк В.Г., Фоміна Л.В., Довгань О.В.

УДК: 616.37-089.8

*Костюк Г.Я., Костюк О.Г., Голубовський І.А., Бурков М.В., Трилюк О.І., Костюк В.Г., Фоміна Л.В., Довгань О.В.*

Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова (вул. Пирогова 56, м. Вінниця, Україна, 21018)

## ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ ПІДШЛУНКОВОЇ ЗАЛОЗИ

---

**Резюме.** *В роботі теоретично обґрунтовано, що дистальне збудження та управління роботою підшлункової залози іде по трьох каналам прямого та зворотного зв'язку з іншими органами: нервовому, гормонально-ферментативному та механічному. Встановлено, що підчас травлення відділи підшлункової залози включаються в роботу не одночасно, а послідовно - спочатку включається її тіло, потім хвостова частина і на піку травлення - головка.*

**Ключові слова:** *підшлункова залоза, математичне моделювання.*

---

### Вступ

На сьогодні досягнуто значного рівня пізнання життєздатності любого органу біологічної системи. Проте, лише традиційними методами дослідження такими, як вивчення анатомічної будови органу, його гістологічної будови неможливо пояснити багатьох закономірностей, що проходять в організмі, оскільки ці методи вичерпали свої функціональні можливості. Тому, разом із загальноприйнятими методами, в основу дослідження біологічних систем все глибше проникають нові, нетрадиційні підходи, запозичені з других розділів природничих наук [1, 7]. Створення математичних моделей любого органу дозволяє вивчити основні параметри його функціонування, в тому числі в екстремальних умовах. Це дає можливість у короткі строки отримати в наочній формі результати та зрівняти їх з нормою. Такий підхід дає можливість глибше проникнути в суть процесів, які протікають в живих організмах, пізнати загальні закони їх життєдіяльності, більш свідомо планувати заходи по ліквідації патологічного стану [3, 4].

Метою даної роботи було, на основі застосування положень біофізики в розрізі застосування параметрів функціональної діяльності підшлункової залози, теоретично обґрунтувати управління роботою підшлункової залози.

### Матеріали та методи

Виходячи з потреб подальшого пізнання механізму діяльності підшлункової залози в нормі та при її пато-

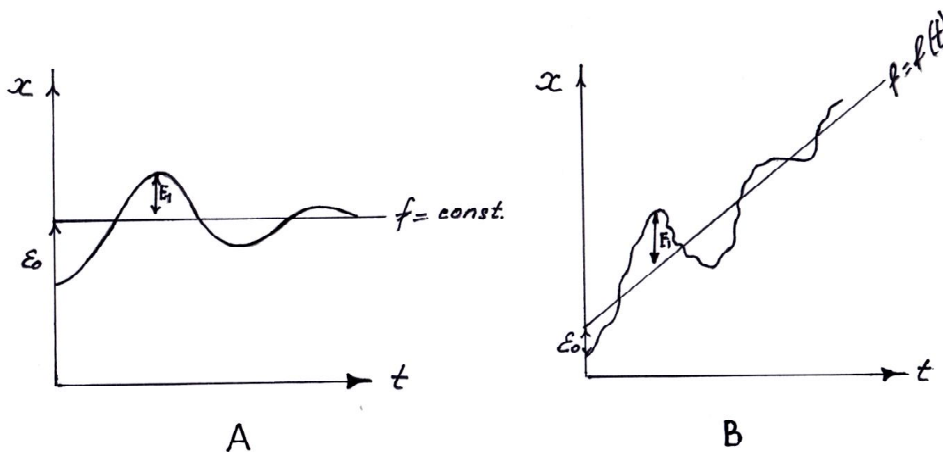
логії, в даній роботі на основі розвитку підшлункової залози, особливостях впадіння її вивідного протоки у дванадцятипалу кишку обґрунтована методика застосування математичного моделювання біомеханізму видільної функції підшлункової залози, використовуючи закони гідродинаміки [9].

Опис механізму дії підшлункової залози та її зв'язок з іншими органами, який зустрічається в періодичній медичній літературі [2, 8, 9], що виходять із загальних фізичних законів, у застосуванні до біологічних систем достатньо суперечливий. Відсутність досліджень біофізичних процесів, що протікають у підшлунковій залозі на різних рівнях її будови, приводить до одностороннього погляду в розумінні життєздатності залози, до великої кількості суперечливих гіпотез її функціональних можливостей при різних умовах роботи. Матеріалом дослідження слугували дані математичного моделювання функціональної діяльності підшлункової залози [3, 4, 5, 6].

### Результати. Обговорення

Дослідження функціонування підшлункової залози з точки зору біофізики неможливі без чіткого уявлення механізму її взаємозв'язків з іншими органами.

Біофізика розглядає будь який живий орган, як окрему саморегулюючу систему, яка тісно пов'язана з іншими системами (органами), що служать для неї



**Рис. 1.** Регулювання параметру  $x$  по відношенню до заданого сигналу: А - регулювання за статичною програмою; В - регулювання за динамічною програмою;  $E_0$  - початкова неузгодженість;  $E_1$  - пере регулювання параметра.

зовнішнім середовищем.

Тому, будь яка саморегулююча система повинна бути забезпечена прямим і зворотнім зв'язком обміну інформації про стан як самого органу, так і навколишнього середовища.

Принциповим є те, що величина навантаження, яке відчуває весь організм, диференціює та перерозподіляється між окремими органами з урахуванням їх функції. Тобто, в кожній біологічній системі закладений певний алгоритм роботи та управління цією роботою. Звичайно, кожен орган схильний до нерівномірних динамічних навантажень, які потребують узгодження і за часом і за кількістю відтворювальних параметрів. Прийнято вважати, що між сигналом потреби ( $f$ ) та величиною, що регулює відтворення параметру ( $x$ ), завжди спостерігаються відхилення в ту чи іншу сторону. Величина  $E=f-x$  визначає неузгодженість між органом та оточуючим середовищем. Таким чином, по різних каналах взаємозв'язку в орган поступають сигнали до тих пір, доки величина неузгодженості не стане рівною нулю. Це і є розглянута в роботі [3] проста схема управління системою, графічне зображення якої показано на рисунку 1. З біофізики відомо також, що будь якій системі управління притаманні три принципи зв'язку:

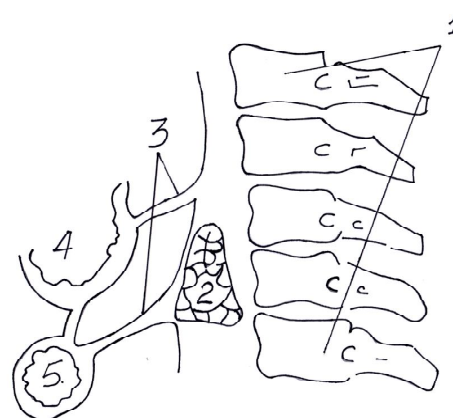
- 1) прямий зв'язок між керуючою та керованою частиною системи, по якій поступають сигнали управління;
- 2) зворотний зв'язок керуючої та керованої частини системи, яка дозволяє контролювати процес управління та виконувати його корекцію.
- 3) переробка інформації в поточному стані керованого об'єкта, що надходить по каналах зворотного зв'язку, в сигнали управління. Більш детально з цими питаннями можна ознайомитись в роботі [3].

На основі вищесказаного можна стверджувати, що дистальне збудження та управління роботою підшлункової залози йде по трьох каналах прямого та зворотного зв'язку з іншими органами: нервовому, гормональ-

но-ферментативному та механічному. Вплив нервової системи, а також гормонів та ферментів на функцію підшлункової залози вивчені достатньо добре. Разом із цим можна зазначити, що центральна нервова система включається в механізм управління роботи підшлункової залози у тому випадку, коли автономна система її роботи по гормонально-ферментативному та механічному подразненню органу не може впоратись з тією інформацією,

що викликає збудження системи, що перевищує допустимі норми відхилення. До факторів, що підтверджують стимулюючу дію на підшлункову залозу слід віднести імпульси, що посилаються по нервовим волокнам лише на сам вигляд їжі від вищих нервових відділів (зір, нюх). Слід враховувати і те, що велику роль грають також подразнення рецепторів стравоходу, шлунку та 12-палої кишки, що призводять до перебудови режиму роботи шлунково-кишкового тракту та сприяє збільшенню кровотоку та лімфовідтоку в залозі, стимулюючи тим самим секреторну діяльність останньої.

Тобто, найбільш простим механізмом приведення в дію секреторної діяльності підшлункової залози з точки зору фізичних та біохімічних процесів, що в ній відбуваються, є механічний. По мірі надходження та накопичення їжі в шлунку, останній збільшується в об'ємі та завдяки шлунково-підшлунковій зв'язки, тісніше притискається до залози. Збудження м'язів шлунку приводить його в ритмічний циклічно-хвильовий рух, який через



**Рис. 2.** Механізм приводу в дію секреторну діяльність підшлункової залози: 1 - хребет; 2 - підшлункова залоза; 3 - зв'язки; 4 - шлунок; 5 - поперечна ободова кишка.

задню стінку шлунку передається безпосередньо на передню поверхню підшлункової залози та починає її ритмічно масажувати, притискаючи до твердої основи - хребта (рис. 2). Зовнішня форма (тригранна призма) та положення залози такі, що стиснення призводить до зміни форми органу: сплющуючись в поперечному напрямку, вона деформується у вертикальному та поздовжньому напрямках. Дана механічна дія призводить до розширення капілярної сітки підшлункової залози та посилює відтік лімфи. Посилення кровотоку призводить до збільшення притоку поживних речовин до клітин залози, що, звісно, стимулює її секреторну діяльність.

Досліджуючи геометрично-морфологічну будову, положення залози та її форму, бачимо, що найбільший механічний імпульс отримує середня частина залози - тіло. Причому ця дія в більшому ступені передається на основу - нижню поверхню, передній край, частково на передньо-бокову поверхню та верхній край і в меншому ступені - на задню поверхню та нижній край. Цим пояснюється і той факт, чому головна протока проходить не по центру структури підшлункової залози, а зміщена до її нижньо-заднього краю. Потрібно врахувати, що для захисту підшлункової залози від різких імпульсивних поштовхів при інтенсивній механічній роботі шлунку в цій системі передбачено демпферний пристрій між її передньою поверхнею та шлунком у вигляді щілини (сальникова сумка). Значно менший механічний імпульс від шлунку припадає на долю хвоста та зовсім мало - головці підшлункової залози. У відповідності з роботою [6], домінантою механічного збудження останньої є механічні імпульси 12-палої кишки при її перистальтиці. Звідси випливає висновок, що включення в роботу відділів підшлункової залози здійснюється не одночасно, а послідовно. Це положення підтверджується також і структурою живлення підшлункової залози. Так, особливості її кровопостачання показують, що головка забезпечується артеріальною кров'ю з верхньої та нижньої панкреатодуоденальних артерій. Верхня панкреатодуоденальна артерія є гілкою з системи печінкової артерії, а нижня - верхньої брижової артерії. Верхня та нижня панкреатодуоденальна артерії утворюють між собою передню та задню аркади анастомозів. Площа їх січення менше площі січення гілок селезінкової артерії, що живлять тіло та хвіст, які утворюють густу сітку анастомозів з розгалуженнями верхньої панкреатодуоденальної артерії. Венозна кров відтікає від залози в систему ворітної вени.

Ця незалежність постачання кров'ю відділів підшлункової залози ще раз підкреслює їх автономність в жит-

тєдіяльності організму, як цілого.

Механічне стиснення підшлункової залози в якійсь мірі впливає на тиск рідини в порожнинах ацинусів, каналців та проток, але не настільки, щоб створити достатній тиск всередині них для протікання панкреатичного соку.

Про тісну взаємодію шлунку та підшлункової залози свідчить те, що після резекції шлунку страдає зовнішньо-секреторна діяльність підшлункової залози.

У ряді робіт [7, 8] встановлено, що резекція дистального відділу шлунку з включенням в систему травлення 12-палої кишки (спосіб Більрот-1 та його модифікації) в меншій мірі впливає на зовнішньо-секреторну функцію підшлункової залози у порівнянні з резекцією шлунку за Більрот-2. Проте, як у першому так і в другому випадку функція залози залишається зниженою. Як показано в роботах різних авторів [7, 9], нормалізація функції підшлункової залози після резекції шлунку за Більрот-1 настає значно скоріше, ніж після резекції за Більрот-2. Наслідками операції, за їх даними, є зниження секреції підшлункової залози. Нормалізація її функції настає в період від 9 місяців до 12 років. Також, в роботах [2, 8] відмічається зниження секреції і ферментативної активності підшлункової залози незалежно від виду резекції та стверджується, що відновлення гастродуоденального проходження їжі в меншому ступені відображається на ферментативній функції залози. За цими даними активність її ферментів після резекції шлунку за Більрот-2 в два рази нижче, ніж після резекції за Більрот-1. Таким чином, ці дані ще раз говорять про те, що перистальтика шлунку грає не останню роль у зовнішньо-секреторній діяльності підшлункової залози. З огляду на це, необхідно проводити подальший пошук методів по збереженню цілісності шлунку з метою збереження зовнішньо-секреторної функції підшлункової залози.

### Висновки та перспективи подальших розробок

1. Під час травлення, відділи підшлункової залози включаються в роботу не одночасно, а послідовно: спочатку включається її тіло, потім - хвостова частина і на піку травлення - голівка.

2. Резекція шлунку за Більрот-1 у меншому ступені впливає на зовнішньо-секреторну функцію підшлункової залози.

Подальше вивчення секреторної функції підшлункової залози дасть можливість корегувати зовнішньо-секреторну діяльність при запальних процесах.

### Список посилань

1. Богер, М. М. (1982). *Методы исследования поджелудочной железы*. Новосибирск: Наука.
2. Калиев, А. А. (2013). Макромикроскопическая анатомия и внутриорганный гистотопография поджелудочной железы при остром деструктивном панкреатите. *Морфологические ведомости*, 2, 33-37.
3. Коротько Г. Ф. (2014). Секреция поджелудочной железы от Павловских начал к настоящему (к 100-летию присуждения И.П. Павлову Нобелевской премии). *Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колпроктологии*, 24 (3), 4-12.
4. Костюк, Г. Я. (2014). Наслідки підвищеного тиску у протоці підшлункової залози. *Вісник Вінницького національного медичного університету*, 18 (1), 30-32.

5. Костюк, Г. Я. & Терентьев, Г. В. (1984). *Состояние инкреторного аппарата поджелудочной железы при остром и хроническом панкреатите. Вопросы морфологии центральной нервной системы*. Киев: Медицинский ин-т.
6. Лонський, Л. Й. (2015). Морфологічні зміни в підшлунковій залозі при набряковій і деструктивній формах гострого панкреатиту. *Вісник Вінницького національного медичного університету*, 19 (1), 248-251.
7. Бэнкс, П. А. (1982). *Панкреатит*. Москва: Медицина.
8. Савельев, В. С., Буянова, В. М. & Огнев, Ю. В. (1983). *Острый панкреатит*. Москва: Медицина.
9. Филин, В. И. (1982). *Острые заболевания и повреждения поджелудочной железы*. Москва: Медицина.

**Костюк Г.Я., Костюк А.Г., Голубовский И.А., Бурков Н.В., Трилюк Е.И., Костюк В.Г., Фомина Л.В., Довгань А.В.**  
**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЕ РАБОТОЙ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ**

**Резюме.** В работе теоретически обосновано, что дистальное возбуждения и управления работой поджелудочной железы идет по трем каналам прямой и обратной связи с другими органами: нервной, гормонально-ферментативном и механическом. Установлено, что во время пищеварения отделы поджелудочной железы включаются в работу не одновременно, а последовательно - сначала включается ее тело, потом хвостовая часть и на пике пищеварения - головка.

**Ключевые слова:** поджелудочная железа, математическое моделирование.

**Kostyuk G.Ya., Kostyuk O.G., Golubovsky I.A., Burkov M.V., Trilyuk O.I., Kostyuk V.G., Fomina L.V., Dovgan O.V.**  
**THEORETICAL SUBSTANTIATION MANAGEMENT OF PANCREAS**

**Summary.** In the work it is theoretically justified that the distal excitation and control of the pancreas goes through three channels of direct and feedback to other organs: the nervous, hormone-enzymatic and mechanical. It is established that during digestion the pancreas departments are not included in the work simultaneously, but consistently - first the body is turned on, then the tail part and at the peak of digestion the head.

**Key words:** pancreas, math modeling.

**Рецензент д.мед.н., доц. Школьніков В.С.**

Стаття надійшла до редакції 19.05.2017р.

Костюк Григорій Якович - д.мед.н., проф., зав. кафедри оперативної хірургії та топографічної анатомії ВНМУ ім. М.І. Пирогова; +38(097)4047958

Костюк Олександр Григорович - д.мед.н., доц., зав. кафедри променевої діагностики, променевої терапії та онкології, ВНМУ ім. М.І. Пирогова; +38(067)2151677

Голубовський Ігор Анатолійович - к.мед.н., доц. кафедри оперативної хірургії та топографічної анатомії ВНМУ ім. М.І. Пирогова; +38(067)7508132

Бурков Микола Валентинович - к.мед.н., доц. кафедри оперативної хірургії та топографічної анатомії ВНМУ ім. М.І. Пирогова; +38(067)9654628

Трилюк Олена Ігоревна - студентка 3 курсу ВНМУ ім. М.І. Пирогова; 0932144882

Костюк Володимир Григорович - лікар-травматолог; +38(067)7903188

Фомина Людмила Василівна - д.мед.н., проф., професор кафедри анатомії людини ВНМУ ім. М.І. Пирогова; +38(098)2646168

Довгань Олександр Вікторович - к.мед.н., доц. кафедри нормальної фізіології ВНМУ ім. М.І. Пирогова; +38(067)1165945