

УДК 611.37

**Г.Я. Костюк, О.Г. Костюк, І.А. Голубовський, О.І. Трилюк, М.В. Бурков, В.Г. Костюк**  
 Кафедра оперативної хірургії та топографічної анатомії (зав. – проф. Г.Я. Костюк) Вінницького національного медичного університету імені М.І. Пирогова

## ГЕОМЕТРИЧНА СТРУКТУРА ПІДШЛУНКОВОЇ ЗАЛОЗИ

**Резюме.** У даній статті розглядається особливість будови підшлункової залози з точки зору її ембріонального розвитку та геометричної форми. Наводяться середні показники ширини та товщини (головки, тіла, хвоста). Встановлено особливості руху секрету підшлункової залози по її вивідній протоці з точки зору законів гідродинаміки від початку її формування в ацинусах до входу в порожнину дванадцятипалої кишки.

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

Нині досягнутий значний рівень пізнання життєдіяльності будь-якого органа біологічної системи. Проте лише традиційними методами дослідження – такими як вивчення анатомії органа, його гістологічної будови, неможливо пояснити багатьох закономірностей, які відбуваються в організмі, оскільки ці методи вичерпали свої функціональні можливості. Тому разом із загальноприйнятими методами, до дослідження біологічних систем все глибше проникають нові, нетрадиційні підходи, запозичені з інших розділів природничих наук.

**Мета дослідження:** побудувати математичну модель підшлункової залози (ПЗ), завдяки якій легко і доступно можна було б досліджувати режими роботи органа і організувати стратегію та тактику лікування.

**Матеріал і методи.** Вивчаючи дані літератури [1-3] по анатомо-гістологічному і функціональному дослідженню життєдіяльності ПЗ, можна зазначити, що вони достатньо повністю відображають її біохімічну функцію і майже не зачіпають кіногенез та динаміку окремих субстанцій. Опис механізму дії ПЗ, що існує у періодичній медичній літературі [4-6], який виходить із загальних фізичних законів стосовно біологічних систем, є достатньо суперечливим. Відсутність досліджень біофізичних процесів у ПЗ на різних рівнях її будови, призводить до однобічного погляду з точки зору життєдіяльності залози, до великої кількості суперечливих гіпотез її функціональних можливостей за різних умов роботи. У математичній моделі дослідження ПЗ будуть застосовані закони гідродинаміки, які дають можливість прослідкувати рух її секрету та корегувати його за умов затримки з різних причин.

Тому, за даними спеціальної літератури уявити життєдіяльність органа (ПЗ) як цілого дуже важко, а тим більше важко зрозуміти патогенез за різними формами захворювання.

**Результати дослідження та їх обговорення.** На підставі численних досліджень, викладених у роботах [4, 7-9], прийнято вважати, що ПЗ є довгастим органом S-подібної форми, що містить головку, тіло та хвіст (рис. 1) і розташований позаду шлунка на задній стінці черевної порожнини на рівні L<sub>1</sub>-L<sub>2</sub> та Th<sub>12</sub> хребців. Вона витягнута в горизонтальному напрямку таким чином, що головка знаходиться з правого боку від хребта у петлі дванадцятипалої кишки (ДПК), а хвіст підіймається дещо догори і досягає воріт селезінки.

Головка залози дещо сплюснена в передньо-задньому напрямку і за формою нагадує молоток. Вона цілком охоплена петлею ДПК і особливо тісно примикає до її нижньої частини.

Тіло залози має форму призми зі звуженим верхнім краєм, розрізняють передню, задню і нижню поверхні і три краї: верхній, передній та

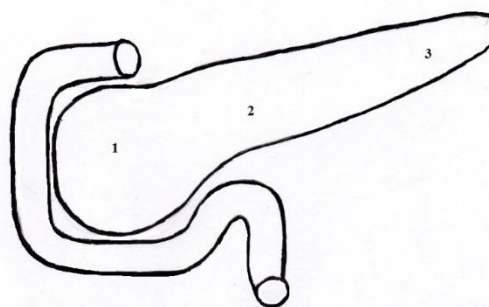


Рис. 1. Підшлункова залоза: 1 – головка, 2 – тіло, 3 – хвіст

нижній. Передня поверхня тіла ПЗ спрямована до задньої поверхні шлунка, між ними залишається щілина. Задня поверхня тіла межує із заочеревиною клітковиною, верхнім полюсом лівої нирки і наднирничковою залозою. Нижня поверхня тіла ПЗ спрямована до горизонтальної частини ДПК.

Хвіст ПЗ поступово звужується і торкається воріт селезінки, досягаючи при цьому 11-12 ребра. На своєму шляху хвіст повністю або частково вкриває передню поверхню лівої нирки та її кровоносні судини.

Як видно з опису зовнішньої форми залози та її окремих частин, найбільш повне уявлення дає середня частина (тіло), проте цього недостатньо для просторового уявлення про форму органа і будь-яка спроба змодельовати зовнішню форму заздалегідь приречена на невдачу. Необхідно також зазначити, що S-подібна форма потребує від форми два вигини, яких у залози просто немає. Вже це одне потребує уточнення загальної форми ПЗ.

Додатково проведені дослідження показали, що з точки зору геометро-морфометричної структури будови ПЗ варто надати такий опис: ПЗ має губчасто-пористу будову, поперечно видовжену систему змінного поперечного перерізу. Середня частина (тіло) нагадує тригранну призму з поперечним перерізом, близьким до рівнобедреного трикутника змінної площини та конфігурації. Призматична частина має заокруглені кути бічних граней. У передній частині (головка) вона злегка злегка сплюснена і поперечний переріз трансформується на овал, близький до яйцеподібної форми. У хвостовій частині залоза має форму, що схожа на конус з заокругленою вершиною. Поперечний переріз в цій частині має вигляд плавного переходу від трикутника до еліпсу.

Таким чином, якщо в головці ПЗ овал описаний навколо трикутника, то у хвостовій частині еліпс вписаний до трикутника. Тому вся залоза віддалено нагадує горизонтально-розташований знак (J) інтегралу. Головка опущена за рахунок сплюсненості – трансформації перерізу трикутника на овал яйцеподібної форми, а хвостова частина дещо припіднята за рахунок все більшого округлення площі трикутника при переході до еліпсу.

Отже, знаючи анатомо-геометричний опис зовнішньої форми ПЗ і, співставляючи ці дані з параметрами її розмірів, можна легко побудувати вірогідну модель загальної форми ПЗ.

За даними робіт [1, 3], загальна довжина ПЗ змінюється в межах від 14,0 см до 23,0 см, частіше за все виявляється розмір 16,0-17,0 см. При

цьому:

Ширина в ділянці головки – 3,0-7,5 см (частіше – 5,0 см);

Тіла – 2,0-5,0 см (частіше – 3,5 см\*);

Хвоста – 0,3-3,4 см (частіше – 1,9 см);

Товщина в ділянці головки – 1,3-3,4 см (частіше – 2,3 см\*);

Тіла – 1,0-2,8 см (частіше – 1,9 см\*);

Хвоста – 0,6-2,0 см (частіше – 1,3 см\*).

*Примітка.* Середні значення, відмічені зірочкою (\*), отримані авторами.

На підставі цих даних на рис. 2 викладено схематичне зображення форми ПЗ.

Проведені дослідження свідчать про те, що поверхневий підхід до досліджуваної проблеми, ігнорування законів гідродинаміки у біофізичних системах неминуче призводять до неточностей у висновках. В той же час, аналіз математичної моделі біологічної системи з позицій загальної фізики дає можливість глибше проникнути в процеси життєдіяльності органа в цілому.

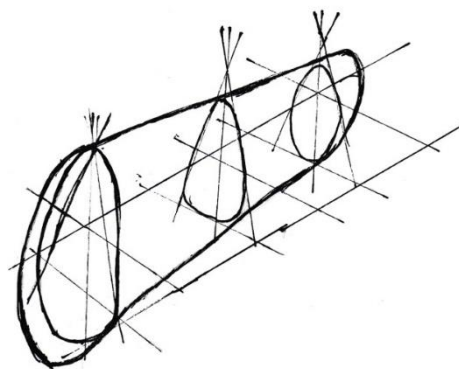


Рис. 2. Схеми-креслення анатомо-геометричної форми підшлункової залози

Задля прикладу розглянемо викладений у роботі [1] механізм транспортування панкреатичного соку. В главі I розділу “Електроліти”, де поряд з іншими питаннями, здійснюється спроба розкрити механізм руху панкреатичного соку, на сторінці 25 читаємо: “стінки протоків, як вже було сказано, позбавлені власної м’язової оболонки, і тиск до протоки зумовлений, з одної сторони, гідрокінетичним тиском секретину, а з іншої – замикальною функцією сфінктера Одді”. На стор. 27 з розділу “Секретин” дізнаємось, що це гормон, який належить до поліпептидів тощо, та ні слова про те, як він створює разом зі сфінктером Одді такий досить високий тиск у різних відділах проток. На тій же сторінці 25 робиться ще одна спроба пояснити виникнення різниці тиску в системі різних відділів наступним чином: “різниця тисків пояснюється тим, що панкреатичний сік

тече лише в одну сторону – по напрямку до дванадцятипалої кишки”. І абсолютно незрозумілим є останній абзац розділу “Секретин електролітів”: “Фатеровий сосок працює за принципом відсмоктувального насоса, що ритмічно відкривається кожні 6-12 с. Період розслаблення залежить від об’єму соку, що надходить, до того ж він може продовжуватись вдвічі”. Виходить, що вся справа у фатеровому сосочку, що як насос під час свого розслаблення відсмоктує підшлунковий сік із залози. Таким чином, описується механізм руху соку.

Із розділу гідромеханіки відомо, що рух рідини по трубці току здійснюється за рахунок перепаду тисків  $\Delta P = P_n - P_k$ , де  $\Delta P$  – перепад тисків на будь-якій ділянці трубки току,  $P_n$  і  $P_k$  – тиск рідини на початку і на кінці ділянки трубки в місцях поперечного перерізу  $S_1$  і  $S_2$  (рис. 3). Рух рідини на цій ділянці спрямований у бік меншого тиску. Якщо  $P_n > P_k$ , то  $P > 0$  і рідина буде рухатись від перерізу  $S_1$  до перерізу  $S_2$  і далі. Якщо  $P_n < P_k$ , то  $\Delta P < 0$  і тоді рідина буде рухатись в протилежному напрямку, тобто від  $S_2$  до  $S_1$  і далі по трубці току. Перепад тисків  $P$  на ділянці  $S_1$ - $S_2$  можна створити за рахунок сил зовнішньої дії на об’єм рідини, закріпленої на даній ділянці. Якщо такий механізм оснащити системою клапанів, які будуть забезпечувати двобічну провідність рідини по трубці току, то справді отримаємо модель насоса.

Незалежно від конструктивних особливостей, усі механічні насоси можна поділити на 2 види: нагнітальні, якщо  $\Delta P > 0$ , і всмоктувальні, якщо  $\Delta P < 0$ . Для роботи механічного насоса будь-якої конструкції, будь то поршневий, роторний чи водоструйний, необхідні наступні умови:

- 1) Наявність зовнішніх сил дії на величину об’єму рідини або газу, що викликають розширення чи стиснення цього об’єму;
- 2) Наявність обмеженості об’єму, що забезпечує створення перепаду тиску на даній довжині

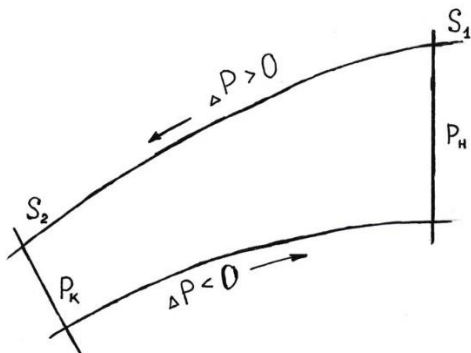


Рис. 3. Схема руху рідини по трубці

трубки току;

3) Наявність системи клапанів чи іншої системи, що забезпечує однобічну провідність рідини чи газу на даній ділянці трубки току.

Прикладом роботи насоса в живому організмі є серце, яке діє за принципом поршневого насоса. На даний момент вірогідно встановлено, що в організмі діє ще одна система – судинно-м’язовий насос, який полегшує роботу серця. Хоча він не так виражений, проте принцип роботи такий самий.

Пристаюючи до математичного моделювання залози, ми повинні в першу чергу відзначити, що за своєю гістологічною будовою ПЗ належить до альвеолярних, а за внутрішньою геометричною структурою будови подібна до легень, слинних залоз, нирок тощо.

У ПЗ виражена часточкова будова, ацинуси розділені прошарками щільної сполучної тканини, яка пронизана густою сіткою кровоносних та лімфатичних судин для забезпечення клітин енергією, будівельними матеріалами, виведення продуктів життєдіяльності, а також залишків тепла. ПЗ добре іннервується, має вегетативні нервові волокна, що зв’язує її з усіма органами черевної порожнини, а також волокна, які забезпечують загальний зв’язок з центральною нервовою системою. Порожнина ацинусів через систему дрібних і великих каналців сполучається у ще більші, які будуть рівномірно приєднуватись до вивідної протоки. По цій розгалуженій сітці панкреатичний сік від клітин ацинуса переміщується до порожнини ДПК. Таким чином, для спрощення задачі вивчення механізму роботи ПЗ, необхідно буде розглядати її роботу з точки зору транспортування панкреатичного соку від місця продукування до впадіння в ДПК.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** 1. Продукування панкреатичного соку проходить на рівні клітинних структур (перенесення ферментів, електролітів, води через мембрани клітин, накопичення і дозрівання концентрації підшлункового соку в порожнині ацинуса). 2. Відтік панкреатичного соку з порожнини ацинусів відбувається по каналцях і протоках у межах залози і впорскування його в порожнину дванадцятипалої кишки. Функція цієї частини залози підлягає загальним законам гідродинаміки. 3. Подальше поглиблене вивчення анатомо-геометричної будови підшлункової залози дасть можливість побудувати математичну модель її діяльності, більш детально впливати на особливості руху її секрету по вивідній протоці та прогнозувати причини і наслідки його затримки.

## Список використаної літератури

1. Богер М.М. Методы исследования поджелудочной железы / М.М. Богер. – Новосибирск: Наука. – 1982. – 236 с.
2. Калиев А.А. Макромикроскопическая анатомия и внутриорганный гистотопография поджелудочной железы при остром деструктивном панкреатите / А.А. Калиев // Морфолог. ведомости. – 2013. – № 2. – С. 33-37.
3. Наслідки підвищеного тиску у протоці підшлункової залози / Г.Я. Костюк, О.Г. Костюк, І.А. Голубовський [та ін.] // Вісн. Вінницького нац. мед. ун-ту. – 2014. – Т. 18, № 1. – С. 30-32.
4. Питер А.Б. Панкреатит / А. Бэнкс Питер. – М.: Медицина, 1982. – 207 с.
5. Савельев В.С. Острый панкреатит / В.С. Савельев, В.М. Буянова, Ю.В. Огнев. – М.: Медицина, 1983. – 239 с.
6. Филин В.И. Острые заболевания и повреждения поджелудочной железы / В.И. Филин. – М.: Медицина, 1982. – 245 с.
7. Коротько Г.Ф. Секреция поджелудочной железы от Павловских начал к настоящему (к 100-летию присуждения И.П. Павлову Нобелевской премии) / Г.Ф. Коротько // Рос. ж. гастроэнтеролог., гепатолог., копропроктолог. – 2014. – Т. 24, № 3. – С. 4-12.
8. Состояние инкреторного аппарата поджелудочной железы при остром и хроническом панкреатите / Г.Я. Костюк, Г.В. Терентьев, Т.А. Кадошук, С.П. Жученко // Вопросы морфологии центральной нервной системы. – К.: Медицинский ин-т, 1984. – С. 67.
9. Лонський Л.Й. Морфологічні зміни в підшлунковій залозі при набряковій і деструктивній формах гострого панкреатиту / Л.Й. Лонський // Вісн. Вінницького нац. мед. ун-ту. – 2015. – Т. 19, № 1. – С. 248-251.

### ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

**Резюме.** В данной статье рассматривается особенность строения поджелудочной железы с точки зрения ее эмбрионального развития и геометрической формы. Приводятся средние показатели ширины и толщины (головки, тела, хвоста). Устанавливаются особенности движения панкреатического секрета по ее выводному протоку с точки зрения законов гидродинамики с начала его формирования в ацинусах до входа в полость двенадцатиперстной кишки.

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

### GEOMETRIC STRUCTURE OF THE PANCREAS

**Abstract.** This article discusses the features of the structure of the pancreas in terms of its embryonic development and geometric shapes. Average width and thickness (head, body, tail) values are given. Peculiarities of features of pancreatic secretion along its excretory ducts from the point of view of the laws of hydrodynamics from the beginning of its formation in acini to the entrance into the cavity of the duodenum are detected.

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

M.I. Pyrogov Memorial Vinnytsia National Medical University (Vinnytsia)

Надійшла 11.03.2016 р.

Рецензент – проф. Слободян О.М. (Чернівці)