

УДК: 611.6.019:599.731.112]-053.13/31
DOI: 10.24061/2413-4260.XVI.1.59.2026.26

ЗАКОНОМІРНОСТІ БУДОВИ ЗАМИКАЛЬНОГО АПАРАТУ ОРГАНІВ СЕЧОВОЇ І ТРАВНОЇ СИСТЕМ

О. В. Цигикало, К. А. Владиченко,
А. Ю. Гринкевич, В. І. Нагорний

Буковинський державний медичний університет
(м. Чернівці, Україна)

Резюме.

Згідно міжнародної анатомічної термінології, замикальні утвори різних органів та систем об'єднує термін *M. sphincter* (A04.0.00.028), англійський еквівалент – *Sphincter muscle*, український – м'яз-замикач. Однак вони не мають чіткої одноманітної будови у вигляді колового розташування посмугованих чи гладких м'язів навколо внутрішнього простору між окремими сегментами сечової або травної систем.

Метою дослідження було з'ясувати закономірності мікроскопічної будови, систематизувати морфо-функціональні особливості замикальних утворів сечової та травної систем у пренатальному періоді онтогенезу людини.

Матеріал та методи дослідження. Дослідження проведено на препаратах 25 передплідів 12,0-80,0 мм тім'яно-куприкової довжини та 20 плідів 81,0-375,0 мм тім'яно-куприкової довжини з використанням комплексу методів морфологічного дослідження, який включав ін'єкцію судин, виготовлення і вивчення серій послідовних гістологічних зрізів, тривимірне комп'ютерне реконструювання. Комісією з питань біомедичної етики Буковинського державного медичного університету (протокол № 2 від 16.10.2025 р.) порушень морально-правових норм під час проведення науково-дослідної роботи не виявлено. Дослідження є фрагментом планової науково-дослідної теми кафедри гістології, цитології та ембріології Буковинського державного медичного університету «Структурно-функціональні особливості тканин і органів в онтогенезі, закономірності варіантної, конституційної, статеві-вікової та порівняльної морфології людини» (державний реєстраційний номер 0121U110121, терміни виконання 01.2021-12.2025 рр).

Результати. Встановлено, що замикальні утвори травної та сечової систем плідів людини мають різноманітну будову, але їх спільною характеристикою є три основні складові – м'язовий, судинний компоненти та зміна рельєфу слизової оболонки, кожен з яких виражений різною мірою, залежно від функціональних та топографічних особливостей замикального пристрою. Саме тому було доцільно переглянути український еквівалент терміну «sphincter», змінивши його з «м'яз-замикач» на «сфінктер». Це зняло б термінологічні обмеження для детального і комплексного дослідження будови замикальних сегментів тіла людини.

Висновки. 1. Замикальні утвори сечової та травної систем, які контролюють надходження вмісту з одного порожнистого органа в інший, характеризуються трьома основними компонентами; м'язовим, судинним та рельєфом внутрішньої поверхні слизової оболонки. 2. М'язовий компонент замикального пристрою, який відповідає будові м'яза-замикача з коловим розташуванням м'язових пучків, притаманний для колового м'яза роти, зовнішнього м'яза-замикача відхідника, зовнішнього м'яза-замикача сечівника, однак вони знаходяться у тісному взаємозв'язку із суміжними м'язами, а внутрішній м'яз-замикач відхідника та воротарний м'яз-замикач є потовщенням і безпосереднім продовженням колового шару м'язової оболонки відповідного трубчастого порожнистого органа. 3. У місці сполучення спільної жовчної протоки з дванадцятипалою кишкою, як і сечоводу із сечовим міхуром, замикальну функцію виконують: ділянка м'язової оболонки кишки і, відповідно, сечового міхура, які пронизує відповідна трубчаста структура, а також наповнення кровоносних судин підслизового прошарку та зміна рельєфу поверхні слизової оболонки. 4. Шийка жовчного міхура у місці переходу органа в міхурову протоку, а також ниркова миска у місці переходу у сечовід, характеризуються особливістю форми і будови просвіту завдяки випинам слизової оболонки, які можуть слугувати як активний, так і пасивний резистивний пристрій, що контролює об'ємну швидкість руху рідини через перехідний сегмент завдяки кровонаповненню судин підслизового прошарку.

Ключові слова: анатомія; шлунок; травна система; сечова система; м'язи-замикачі; кровопостачання; плід.

Вступ

Порожністі трубчасті органи людини і тварин забезпечують пасаж свого вмісту завдяки скороченню їх м'язових оболонок, градієнту тиску, узгодженого впливу нервової системи та інших чинників, які забезпечують рух рідкого вмісту в потрібному напрямку. Накопичуючись у кулястих органах, їжа, сеча, жовч тощо, дозвано потрапляють у низхідному напрямі в трубчастий орган, далі вміст може надходити у кулястий орган або сполучатися з іншим сегментом, в кінці кінців дозвано виводитись. Тому сечову, травну системи і, зокрема, позапечічкові жовчні шляхи, можна уявити як низку сегментів, які перериваються замикальними утворами, що контролюють рух їх вмісту в одному напрямі, переважно низхідному. Згідно міжнародної

анатомічної термінології, ці структури об'єднує термін *M. sphincter* (A04.0.00.028), англійський еквівалент – *Sphincter muscle*, український – м'яз-замикач [1]. Однак, замикальні утвори не скрізь в організмі мають чітку одноманітну будову у вигляді колового розташування посмугованих чи гладких м'язів навколо внутрішнього простору між окремими сегментами сечової або травної систем. Тому у вивченні морфо-функціональних особливостей замикальних утворів є певна термінологічна обмеженість. Також існує неузгодженість анатомічних даних щодо будови деяких м'язів-замикачів з їх гістологічним описом [2-4]. Наприклад, м'яз-замикач ампули (A05.8.02.018 – *M. sphincter ampullae*), який контролює потрапляння жовчі із спільної жовчної протоки у дванадцятипалу

кишку, згідно гістологічних даних, представлений потовщенням волокон зовнішнього шару м'язової оболонки останньої, які охоплюють відкриття спільної жовчної протоки та протоки підшлункової залози, тобто не є окремим м'язом-замикачем [5]. Також немає чіткого гістологічного підтвердження існування інших м'язів-замикачів позапечіночних жовчних проток [6, 7].

Отже, існує певна проблема щодо уточнення будови та систематизації замикальних утворів тіла людини, морфо-функціонального обґрунтування їх контролю за пасажем вмісту органів сечової і травної систем як таких, де зворотній рух їх вмісту або будь-які порушення руху з одного сегмента до іншого призводить до тяжких функціональних розладів [8]. Не викликає сумніву, що предметом вивчення є їх мікроскопічна анатомія. На думку багатьох дослідників, найбільш доцільним об'єктом є плід людини [9-14]. Відомо, що вже на 12-му тижні внутрішньоутробного розвитку (ВУР) починається надходження жовчі у дванадцятипалу кишку [5, 6], і в цей же період метанефроси (вторинні, або остаточні нирки) починають активно функціонувати як орган виділення [15]. Пізніше, наприкінці 3-го місяця ВУР, у плода встановлюються в цілому дефінітивна, максимально наближена до рис дорослого організму, будова сечової і травної систем. Дослідження органокомплексів плодів, які завдяки малим розмірам легко залити в стандартний парафіновий блок і вивчити як гістологічно, так і за допомогою тривимірного реконструювання, має переваги над дослідженням препаратів дорослої людини, які можуть вивчатись через свої завеликі розміри лише окремими фрагментами. Тому один препарат плода може нести інформацію про весь замикальний утвір та його синтопію з прилеглими структурами завдяки меншим розмірам. Також у плодів набагато легше застосувати такий метод дослідження, як ін'єкцію кровоносних судин кольоровими сумішами, що дозволяє візуалізувати на макро-, гістологічних препаратах і тривимірних реконструкціях особливості ангіоархітекτονіки [16]. Таким чином, ембріологічні дослідження з використанням комплексу морфологічних методів, дозволять чітко визначити та систематизувати морфо-функціональні особливості замикального апарату деяких органів людини.

Метою дослідження було з'ясувати закономірності мікроскопічної будови, систематизувати морфо-функціональні особливості замикальних утворів сечової та травної систем у пренатальному періоді онтогенезу людини.

Матеріал та методи дослідження

Дослідження проведено на препаратах 25 передплодів 12,0-80,0 мм тім'яно-куприкової довжини (ТКД) та 20 плодів 81,0-375,0 мм ТКД з використанням комплексу методів морфологічного дослідження, який включав ін'єкцію судин, виготовлення і вивчення серій послідовних гістологічних зрізів, тривимірне комп'ютерне реконструювання. Із дослідження був виключений матеріал із зовнішніми ознаками вад розвитку травної та сечової систем. Гістологічні препарати використані з музейної колекції кафедри гістології, цитології та ембріології Буковинського державного

медичного університету, які були отримані у період до 2006 року згідно з чинним на той час законодавством. Препарати плодів людини досліджувались безпосередньо в ОКНП «Чернівецьке обласне патологоанатомічне бюро» згідно договору про наукову співпрацю.

Під час дослідження дотримані основні біоетичні положення Конвенції Ради Європи з прав людини та біомедицини (від 04.04.1997 р.), Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участю людини (1964-2013 рр.), вимоги наказу Міністерства охорони здоров'я України від 23.09.2009 р. № 690, а також методичні рекомендації Міністерства охорони здоров'я України «Порядок вилучення біологічних об'єктів від померлих осіб, тіла яких підлягають судово-медичній експертизі та патологоанатомічному дослідженню, для наукових цілей» (2018 р.). Комісією з питань біомедичної етики Буковинського державного медичного університету (протокол № 2 від 16.10.2025 р.) порушень морально-правових норм під час проведення науково-дослідної роботи не виявлено.

Дослідження є фрагментом планової науково-дослідної теми кафедри гістології, цитології та ембріології Буковинського державного медичного університету «Структурно-функціональні особливості тканин і органів в онтогенезі, закономірності варіантної, конституційної, статево-вікової та порівняльної морфології людини». Державний реєстраційний номер: 0121U110121. Терміни виконання: 01.2021-12.2025.

Результати досліджень та їх обговорення

Під час дослідження встановлено, що деякі замикальні пристрої травної та сечової систем представлені окремими м'язами-замикачами, які мають коловий напрямок гладких або посмугованих м'язових пучків навколо відповідного трубчастого порожнистого органа. Зокрема, до таких можна віднести коловий м'яз рота (*M. orbicularis oris*), зовнішній м'яз-замикач відхідника (*M. sphincter ani externus*), зовнішній м'яз-замикач сечівника (*M. sphincter urethrae externus*), що не суперечить даним інших дослідників [17-19] (рис. 1, 2).

Названі м'язи-замикачі знаходяться у тісному взаємозв'язку і сполученні із суміжними м'язами, виконуючи свою контрактильну функцію: коловий м'яз рота – з м'язами м'язами, зовнішній м'яз-замикач відхідника – з м'язами діафрагми таза. Слід зауважити, що зовнішній м'яз-замикач сечівника, внутрішній м'яз-замикач відхідника та воротарний м'яз-замикач фактично є потовщенням і безпосереднім продовженням колового шару м'язової оболонки відповідного трубчастого порожнистого органа (рис. 3). Замикальна функція цих м'язів забезпечується звуженням діаметру відповідного перехідного сегмента завдяки його м'язовому скороченню, але перегискання і наступне зникнення просвіту було б неможливе без участі інших оболонок – слизової і підслизового прошарку. Останній складається з пухкої сполучної тканини і розвинутої сітки кровоносних судин (рис. 4). Збільшення їх діаметру внаслідок наповнення кров'ю також сприятиме змиканню просвіту всередині контрактильного активного елемента – м'яза-замикача.



Рис. 1. Косо-сагітальний зріз передплода людини 33,0 мм ТКД. Забарвлення гематоксилином і еозином. Фото мікропрепарата. Зб. х80.

1 – сіднична кістка; 2 – лобкова кістка; 3 – сигмоподібна ободова кишка; 4 – ампула прямої кишки; 5 – відхідникові стовпи, відхідниковий канал; 6 – поздовжній шар м'язової оболонки прямої кишки; 7 – коловий шар м'язової оболонки прямої кишки; 8 – м'яз-підіймач відхідника; 9 – великий сідничний м'яз; 10 – зовнішній м'яз-замкач відхідника.



Рис. 2. Поперечний зріз сечівника 10-місячного плода жіночої статі. Забарвлення гематоксилином і еозином. Фото мікропрепарата. Зб. х100:

1 – слизова оболонка; 2 – підслизовий прошарок; 3 – м'язова оболонка; 4 – венозне сплетення підслизового прошарку; 5 – піхвове венозне сплетення; 6 – стінка піхви.

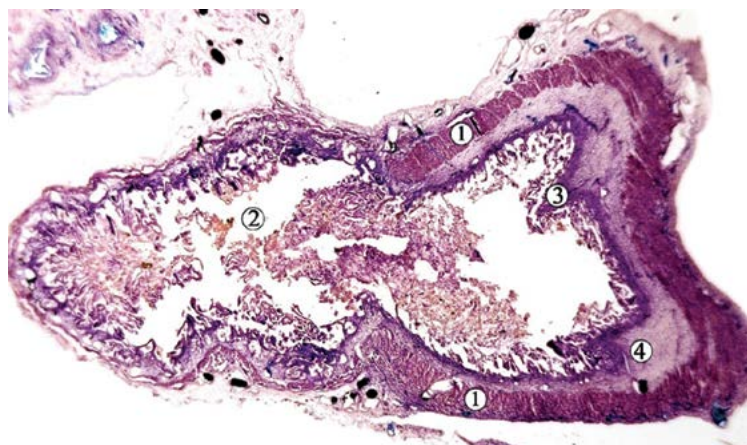


Рис. 3. Поздовжній зріз шлунково-дванадцятипалокишкового переходу 4-місячного плода людини (185,0 мм ТПД). Забарвлення гематоксилином і еозином. Ін'єкція кровоносних судин сумішшю на основі сурика. Фото мікропрепарату. Зб. х50:

1 – м'язова оболонка шлунка (воротарний м'яз-замкач); 2 – дванадцятипала кишка; 3 – слизова оболонка шлунка; 4 – підслизовий прошарок.

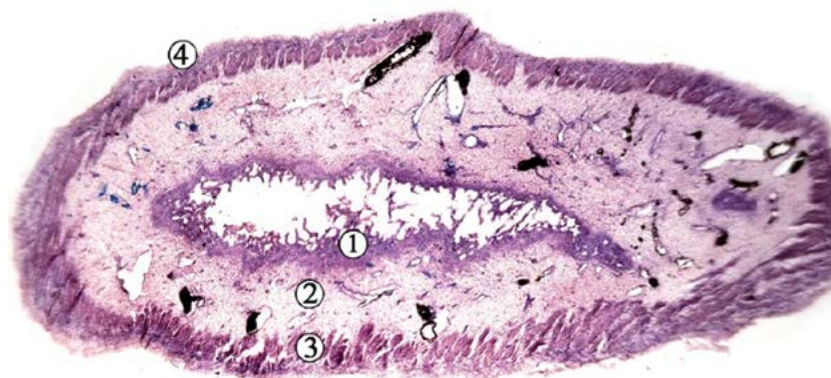


Рис. 4. Поперечний зріз воротарної частини шлунка. Забарвлення гематоксиліном і еозином. Ін'єкція кровоносних судин сумішшю на основі сурика. Фото мікропрепарату. Зб. х50:

1 – слизова оболонка; 2 – підслизовий прошарок; 3 – м'язова оболонка; 4 – серозна оболонка.

Особливістю будови кровоносних судин між різними сегментами травної і сечовидільної систем є їх належність до різних басейнів відтоку венозної крові або різних системних джерел артеріального кровопостачання. Так, між стравоходом і шлунком, навколо відхідникового каналу, між нирковою мискою і сечоводом, сечоводом і сечовим міхуром кровоносні судини вирізняються особливою ангіоархітектонікою, яка забезпечує альтернативні шляхи кровопостачання та відтоку крові. Підслизовий прошарок цих перехідних контрактильних сегментів містить кавернозопо-

дібні сплетення – синусоїди, кровонаповнення яких залежить від балансу між притоком і відтоком крові.

Слід також зазначити на важливості рельєфу слизової оболонки у вигляді, наприклад, поздовжніх складок, які допомагають більш ефективно закривати просвіт трубчастого органа. Зовнішні прилеглі м'язи в ділянці перехідного сегмента, для якого одна з головних функцій – запобігання зворотному руху вмісту, сприяють цій складовій замикальній функції. Наприклад, це характерно для стравохідно-шлунковому переходу (рис. 5).

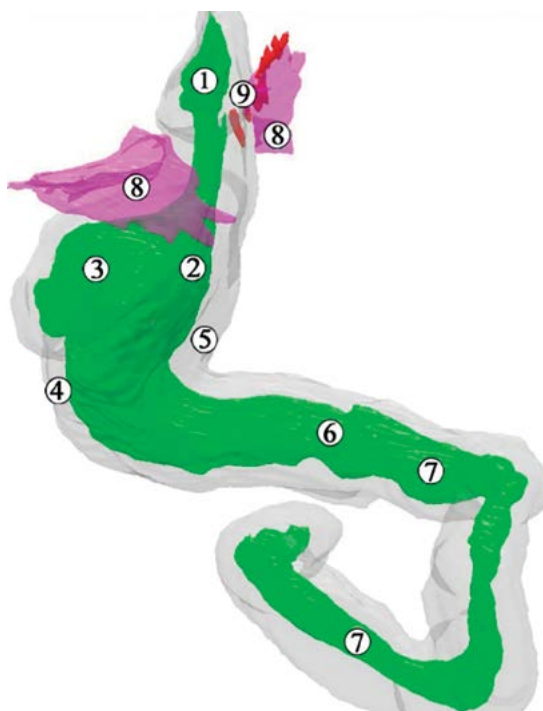


Рис. 5. 3D-реконструкція шлунка і прилеглих структур 5-місячного плода людини (220,0 мм ТПД). Права задньо-бічна проекція. Зб. х5,5:

1 – стравохід; 2 – кардіальний відділ шлунка; 3 – дно шлунка; 4 – велика кривина шлунка; 5 – мала кривина шлунка; 6 – воротар шлунка; 7 – дванадцятипала кишка; 8 – діафрагма; 9 – права нижня діафрагмальна артерія.

Встановлено, що деякі замикальні утвори сечових, травних і, зокрема, позапечінкових жовчних протоків, не мають структури, яку можна було б охарактеризувати як окремі «м'язи-замикачі» з чітким коловим розташуванням м'язових пучків навколо переходу одного порожнистого органа в інший, тобто в місці, де

контролюється надходження вмісту чи запобігається його зворотній рух. Такими утворами є місце сполучення спільної жовчної протоки з дванадцятипалою кишкою або сечоводу із сечовим міхуром. Спільною рисою цих контрактильних сегментів є сполучення трубчастого органа під кутом з іншим, який більший

за діаметром. При цьому перший пронизує стінку другого, створюючи між шарами м'язової оболонки останнього косу щілину, на що також вказують деякі дослідники [20-22]. Внутрішньостінковий відділ спільної жовчної протоки разом із протокою підшлункової залози проходить крізь це «вікно» у м'язовій оболонці присередньої ділянки стінки низхідної частини дванадцятипалої кишки на межі між її середньою та нижньою

третинами (рис. 6). «Вікно» забезпечує косий хід проток у стінці дванадцятипалої кишки завдяки огинанню пучками колового шару м'язової оболонки місця їх сполучення з кишкою. Прилягаючи до зовнішньої поверхні м'язової оболонки дванадцятипалої кишки зверху та до внутрішньої поверхні цієї оболонки знизу, протоки стають оточеними шарами м'язової оболонки кишки у вигляді лійки (рис. 7).

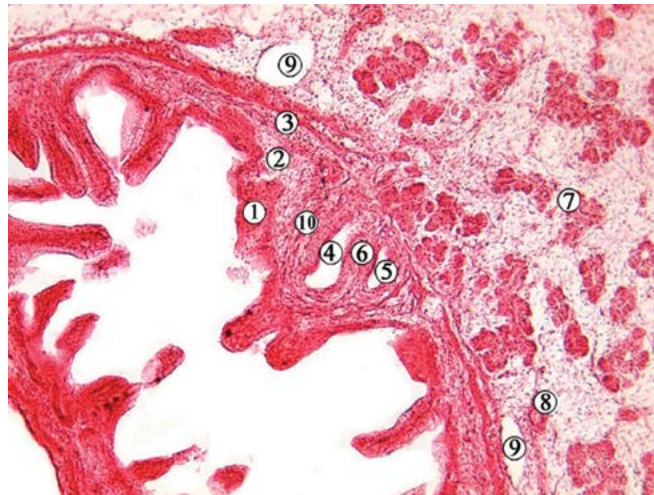


Рис. 6. Фронтальний зріз великого сосочка дванадцятипалої кишки 11-тижневого передплodu 60,0 мм ТКД. Забарвлення гематоксиліном і еозином. Фото мікропрепарату. 3б. х70:

1 – слизова оболонка; 2 – підслизовий прошарок; 3 – м'язова оболонка (коловий шар); 4 – спільна жовчна протока; 5 – протока підшлункової залози; 6 – поздовжня перегородка великого сосочка дванадцятипалої кишки; 7 – підшлункова залоза; 8 – гілка верхньої передньої підшлунково-дванадцятипалокишкової артерії; 9 – венозні судини адвентиційної оболонки (система верхньої передньої підшлунково-дванадцятипалокишкової вени); 10 – м'язова пластинка слизової оболонки дванадцятипалої кишки.

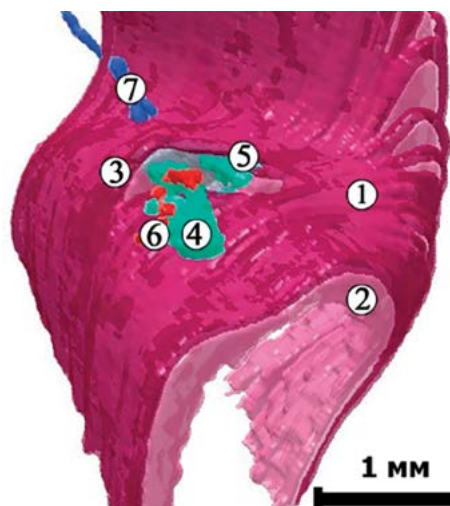


Рис. 7. 3D-реконструкція ділянки великого сосочка дванадцятипалої кишки 4-місячного плода людини чоловічої статі 185,0 мм ТПД. Верхня проекція. 3б. х50:

1 – м'язова оболонка дванадцятипалої кишки; 2 – слизова оболонка дванадцятипалої кишки; 3 – «вікно» між коловим та поздовжнім шарами м'язової оболонки дванадцятипалої кишки; 4 – загальна жовчна протока; 5 – протока підшлункової залози; 6 – артеріальне судинне сплетення; 7 – гілка верхньої передньої підшлунково-дванадцятипалокишкової вени.

Ми не знайшли переконливих доказів існування окремих м'язів-замикачів у місці сполучення загальної жовчної протоки з дванадцятипалою кишкою, як і сечоводу із сечовим міхуром. Очевидно, контрактильну функцію у цих сегментах виконує ділянка м'язової оболонки кишки і, відповідно, сечового міхура, які

пронизує відповідна трубчаста структура. Замикальна функція в цих ділянках забезпечується наповненням кровоносних судин підслизового прошарку та зміною рельєфу поверхні слизової оболонки, що в цілому контролює надходження рідкого вмісту в орган більшого діаметру та об'єму. Отже в даних сегментах клю-

чова роль у здійсненні замикальної функції хоч і належить м'язовим структурам, але неможлива без участі таких компонентів, як кровоносні судини підслизового прошарку та рельєф слизової оболонки, який замикає просвіт. Кровоносні судини, які прямують у підслизовий прошарок або з нього, у м'язовій оболонці охоплені пучками міоцитів (рис. 8), які при локальному скороченні створюють опір відтоку крові від підслизового прошарку, кавернозноподібні судини якого наповнюються кров'ю, зменшується діаметр просвіту і таким чином здійснюється замикальна функція.



Рис. 8. Фронтальний зріз 6-місячного плода жіночої статі 290,0 мм ТПД біля краю дванадцятипалокишкового «вікна». Ін'єкція вен свинцевим суриком. Забарвлення гематоксиліном і еозином. Фото мікропрепарату. Зб. х60:

1 – слизова оболонка дванадцятипалої кишки; 2 – підслизовий прошарок дванадцятипалої кишки; 3 – коловий шар м'язової оболонки дванадцятипалої кишки; 4 – поздовжній шар м'язової оболонки дванадцятипалої кишки; 5 – підшлункова залоза; 6 – вена адвентиційної оболонки дванадцятипалої кишки; 7 – вена м'язової оболонки дванадцятипалої кишки; 8 – венозні судини підслизового прошарку дванадцятипалої кишки; 9 – судини венозного сплетення слизової оболонки.



Рис. 9. Поздовжній зріз міхурової протоки новонародженого чоловічої статі. Забарвлення гематоксиліном і еозином. Фото мікропрепарату. Зб. х70:

1 – адвентиційна оболонка; 2 – спіральна складка слизової оболонки; 3 – підслизовий прошарок; 4 – кровоносні судини; 5 – м'язова оболонка.



Рис. 10. Поздовжній зріз мисково-сечовідного сегмента правої нирки 6-місячного плода людини 250,0 мм ТПД. Забарвлення гематоксиліном і еозином. Фото мікропрепарату. Зб. х70:
1 – нирка; 2 – мисково-сечовідний сегмент; 3 – сечовід; 4 – гілки ниркової вени; 5 – складки слизової оболонки.

На 3D-реконструкціях і контрастованих макропрепаратах визначаються особливості архітектоніки поза- та внутрішньоорганних кровоносних судин, будова яких сприяє контрактильній функції відповідних сегментів травної та сечової систем. Так, у ділянці переходу шийки жовчного міхура у міхурову протоку спостерігається ланцюжок поздовжніх артеріальних анастомозів між верхнім відділом власної печінкової та жовчноміхурової артерій, які нагадують артеріальне коло (рис. 11). Навколо спіральної складки міхурової протоки виявлені

колові артеріальні гілки, а навколо термінальної (гладкої) її частини – розвинена артеріальна сітка, яка переходить в артеріальну сітку загальної печінкової протоки та спільної жовчної протоки. Така просторова будова артеріальних анастомозів навколо спіральної складки може свідчити про важливу роль судинного компонента замикального апарату жовчного міхура – артеріальне коло та колові анастомози можуть забезпечувати безперешкодне кровопостачання сегменту між жовчним міхуром та міхурової протокою незалежно від фази моторики органа.

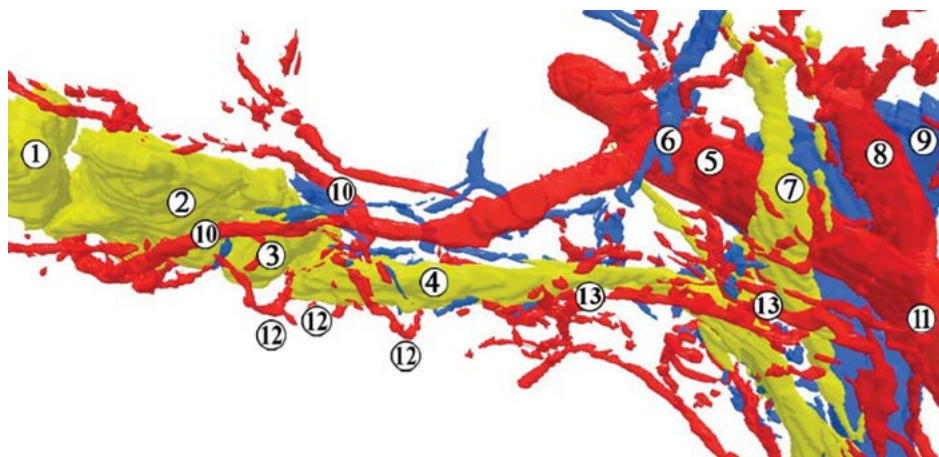


Рис. 11. 3D-реконструкція поза печінкових жовчних проток 5-місячного плода 230,0 мм ТПД. Вигляд спереду. Зб. х9:

1 – слизова оболонка дна жовчного міхура; 2 – слизова оболонка тіла жовчного міхура; 3 – лійка та шийка жовчного міхура; 4 – міхурова протока; 5 – права гілка власної печінкової артерії; 6 – жовчноміхурові артерія та вена; 7 – загальна печінкова протока; 8 – ліва гілка власної печінкової артерії; 9 – ворітна печінкова вена; 10 – гілка жовчноміхурової артерії; 11 – власна печінкова артерія; 12 – спіралеподібні артерії міхурової протоки; 13 – анастомози (артеріальна сітка) міхурової протоки.

Подібні особливості будови судин виявлені і в ділянці мисково-сечовідного сегмента. Венозний відтік з нього здійснюється в кількох альтернативних напрямках: з ниркової миски – у мискові та сечовідні гілки ниркової вени, а із проксимальної частини сечоводу –

у капсульні та навколониркові гілки (рис. 12). Останні зазвичай впадають також у сегментарні вени. На нашу думку, така особливість кровопостачання мисково-сечовідного сегмента забезпечує судинний компонент замикальної функції останнього.

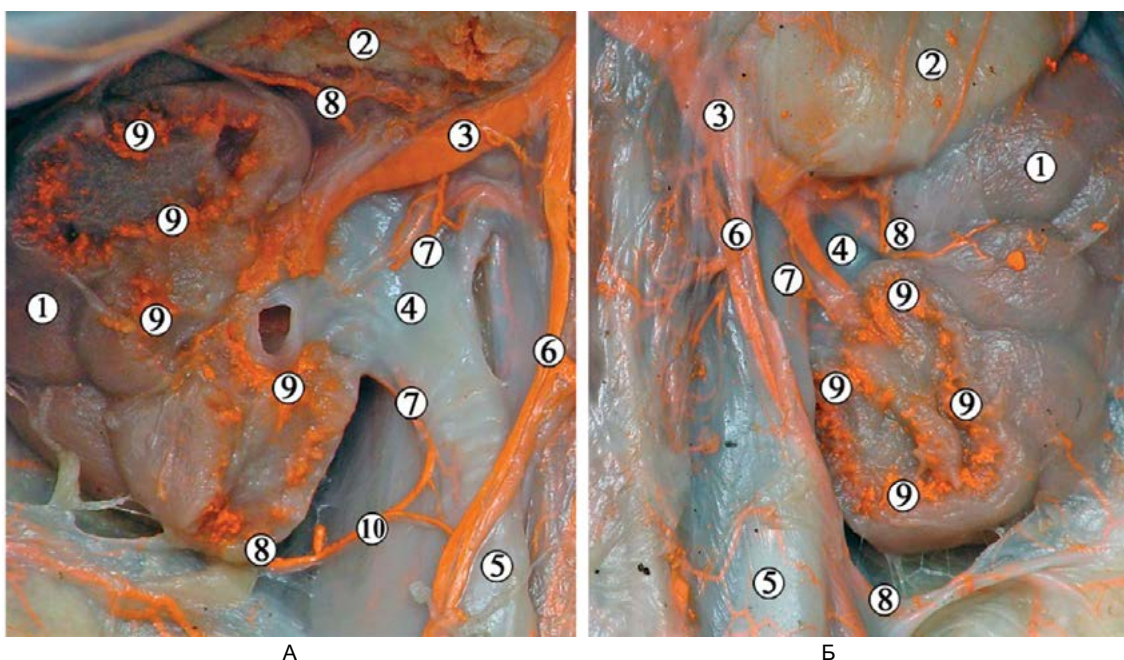


Рис. 12. Органи заочеревинного простору 6-місячного плода людини чоловічої статі 195,0 мм ТКД (А – справа, Б – зліва). Ін'єкція венозної системи сумішшю із свинцевим суриком. Фото макропрепарату. 3б. х3:

1 – паренхіма нирки; 2 – надниркова залоза; 3 – ниркова вена; 4 – ниркова миска; 5 – сечовід; 6 – яєчкові вени; 7 – сечовідні гілки; 8 – капсульні гілки; 9 – міжчасточкові артерії; 10 – анастомоз між капсульною та сечовідною гілками.

Будова міхурової протоки та мисково-сечовідного сегмента вирізняється мінливістю завдяки спіральній складці слизової оболонки. У просвіті цих трубчастих структур спостерігаються випини слизової оболонки, які чергуються у кількості від 3 до 12 (рис. 13, див. рис. 11). Ці складки можуть слугувати як активний, так і пасивний резистивний пристрій, що контролює об'ємну швидкість руху рідини через перехідний

сегмент. Вони утворюють певну геометричну форму просвіту міхурової протоки чи мисково-сечовідного сегмента, що описують також інші дослідники [26-28]. Ці замикальні перехідні сегменти можна представити у двовимірному зображенні як відносно рівномірне чергування перегородок, які з'єднані основою з верхньою чи нижньою стінками, залишаючи просвіт між верхівками (рис. 14).

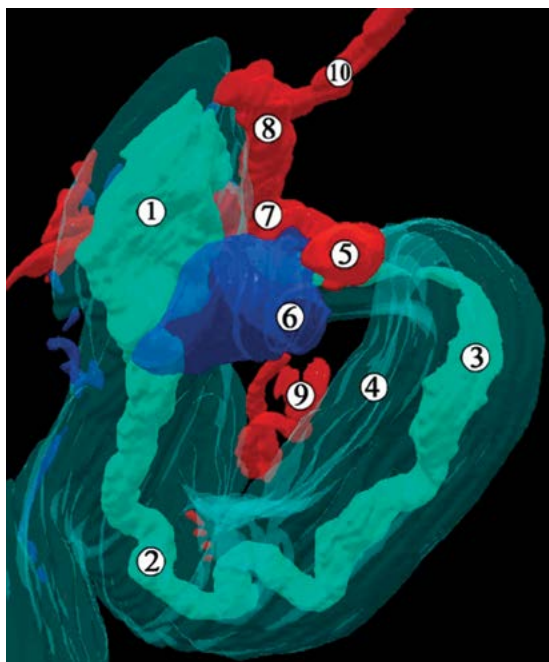


Рис. 13. 3D-реконструкція ниркових воріт правої нирки 6-місячного плода людини 250,0 мм ТПД. Передня проекція. Проксимальний відділ сечоводу зміщений уверх. 3б. х70:

1 – ниркова миска (просвіт); 2 – мисково-сечовідний сегмент (просвіт); 3 – сечовід (просвіт); 4 – зовнішні контури сечових шляхів; 5 – права ниркова артерія; 6 – права ниркова вена; 7 – задня гілка ниркової артерії; 8 – артерія верхнього сегмента; 9 – сечовідні гілки; 10 – капсульна гілка.

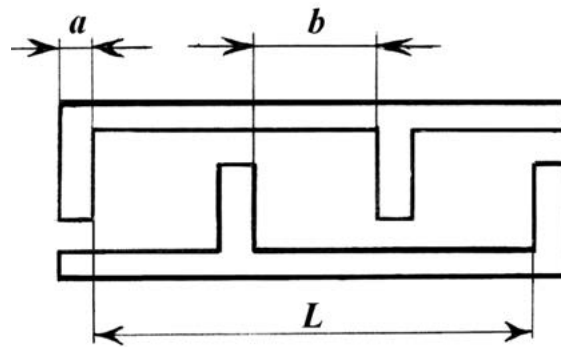


Рис. 14. Математична модель просвіту міхурової протоки та мисково- сечовідного сегмента.

Математична модель міхурової протоки та мисково-сечовідного сегмента (геометрія їх просвіту) у плодovому періоді внутрішньоутробного розвитку можна описати формулою (1):

$$L = a \cdot n + b(n-1), \quad (1)$$

де L – відстань між першою та останньою перегородками, мм; a – товщина перегородки, мм; n – загальна кількість перегородок; b – відстань між суміжними перегородками, мм.

Наведена математична модель демонструє, що об'ємна швидкість рідини в міхуровій протоці чи мисково-сечовідному сегменті залежить від величини просвіту між верхівками та основою складок, їх кількості, градієнту тиску та густини вмісту. Отже, вплинути на об'ємну швидкість рідини в таких замикальних утвореннях можна зміною ширини та довжини складок завдяки кровонаповненню вен підслизового прошарку.

Отже, замикальні утвори травної та сечової систем плодів людини мають різноманітну будову, але їх спільною характеристикою є три основні складові – м'язовий, судинний компоненти та зміна рельєфу слизової оболонки, кожен з яких виражений різною мірою, залежно від функціональних та топографічних особливостей замикального пристрою. Саме тому було б доцільно переглянути український еквівалент терміну «sphincter», змінивши його з «м'яз-замікач» на «сфінктер». Це зняло б термінологічні обмеження для детального і комплексного дослідження будови замикальних сегментів тіла людини.

Висновки

1. Замикальні утвори сечової та травної систем, які контролюють надходження вмісту з одного порожнистого органа в інший, характеризуються трьома основними компонентами; м'язовим, судинним та рельєфом внутрішньої поверхні слизової оболонки.

2. М'язовий компонент замикального пристрою, який відповідає будові м'яза-замікача з коловим розташуванням м'язових пучків, притаманний для колового м'яза роту, зовнішнього м'яза-замікача відхідника, зовнішнього м'яза-замікача сечівника, однак вони знаходяться у тісному взаємозв'язку із суміжними м'язами,

а внутрішній м'яз-замікач відхідника та воротарний м'яз-замікач є потовщенням і безпосереднім продовженням колового шару м'язової оболонки відповідного трубчастого порожнистого органа.

3. У місці сполучення спільної жовчної протоки з дванадцятипалою кишкою, як і сечоводу із сечовим міхуром, замикальну функцію виконують: ділянка м'язової оболонки кишки і, відповідно, сечового міхура, які пронизує відповідна трубчаста структура, а також наповнення кровоносних судин підслизового прошарку та зміна рельєфу поверхні слизової оболонки.

4. Шийка жовчного міхура у місці переходу органа в міхурову протоку, а також ниркова миска у місці переходу у сечовід, характеризуються особливістю форми і будови просвіту завдяки випинам слизової оболонки, які можуть слугувати як активний, так і пасивний резистивний пристрій, що контролює об'ємну швидкість руху рідини через перехідний сегмент завдяки кровонаповненню судин підслизового прошарку.

Перспективи подальших досліджень

Вважаємо за доцільне в даному напрямку дослідити особливості іннервації замикальних пристроїв травної та сечової систем у плодів людини.

Внесок співавторів у підготовку матеріалів наукової статті.

О. В. Цигикало – концепція та дизайн роботи, збір та аналіз даних, критичний огляд, остаточне затвердження статті; К. А. Владиченко – концепція та дизайн роботи, відповідальність за статистичний аналіз, написання статті; А. Ю. Гринкевич – концепція та дизайн роботи, збір та аналіз даних, написання статті; В. І. Нагорний – збір та аналіз даних, відповідальність за статистичний аналіз, критичний огляд.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність потенційного чи фактичного конфлікту інтересів.

Використання штучного інтелекту. При проведенні дослідження та підготовці рукопису штучний інтелект не використовувався.

Джерела фінансування. Самофінансування.

Література:

1. Черкасов ВГ, редактор. Міжнародна анатомічна термінологія (латинські, українські, російські та англійські еквіваленти): навч. посібник. Вінниця: Нова Книга; 2010. 392 с.
2. Garg S, Dutta U, Chaluvashetty SB, Kumar KH, Kalra N, Sahni D, et al. The anatomy of the cystic duct and its association with cholelithiasis: MR cholangiopancreatographic study. *Clin Anat.* 2022;35(7):847-54. DOI: <http://doi.org/10.1002/ca.23856> PMID: 35316537.
3. Roy N, Roy S. Development of the submucosa and musculature in the human fetal stomach: A microscopic study. *Nat J Clin Anat.* 2023;12(1):9-14. DOI: http://doi.org/10.4103/NJCA.NJCA_227_22
4. Pangtey B, Kaul JM, Mishra S. Histogenesis of Muscularis Mucosa and Muscularis Externa of Stomach: A Human Foetal Study. *J Clin Diagn Res.* 2017;11(8):AC01-3. DOI: <http://doi.org/10.7860/JCDR/2017/26219.10323> PMID: 28969103; PMCID: PMC5620743.
5. Sadler TW. Langman's Medical Embryology. 10 th ed. Baltimore: Lippincott, Williams and Wilkins; 2006. 371p. Chapter 14. Digestive system. p. 203-28.
6. Al-Atabi M, Ooi RC, Luo XY, Chin SB, Bird NC. Computational analysis of the flow of bile in human cystic duct. *Med Eng Phys.* 2012;34(8):1177-83. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.medengphy.2011.12.006> PMID: 22217515.
7. Mahadevan V. Anatomy of the gallbladder and bile ducts. *Surgery (Oxford).* 2020;38(8):432-6. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.mpsur.2014.10.003>
8. De Blaauw I, Stenström P, Yamataka A, Miyake Y, Reutter H, Midrio P, et al. Anorectal malformations. *Nature Reviews Disease Primers.* 2024;10(1):88. DOI: <http://doi.org/10.1038/s41572-024-00574-2>
9. Chandel S. Histogenesis of pylorus in human fetal stomach. *International Journal of Medical Science and Current Research.* 2021;4(4):718-21.
10. Toprak E, Işıkalan MM. Ultrasonographic Imaging of the Fetal Pyloric Sphincter. *J Ultrasound Med.* 2023;42(5):1123-7. DOI: <http://doi.org/10.1002/jum.16127> PMID: 36394422.
11. Karnul AM, Murthy CK. A Study of Variations of the Stomach in Adults and Growth of the Fetal Stomach. *Cureus.* 2022;14(8):e28517. DOI: <http://doi.org/10.7759/cureus.28517> PMID: 36185902; PMCID: PMC9515405.
12. Rao RR, Ramadevi G, Narasinga R. Histogenesis of human fetal stomach at various gestational ages – an observational study. *Asian J Pharm Clin Res.* 2022;15(6):71-7. DOI: <http://doi.org/10.22159/ajpcr.2022.v15i6.44463>
13. Liu X, Lui VCH, Wang H, Ye M, Fan R, Xie X, et al. Temporal and spatial development of intestinal smooth muscle layers of human embryos and fetuses. *J Dev Orig Health Dis.* 2023;14(1):24-32. DOI: <http://doi.org/10.1017/S2040174422000253> PMID: 35924440.
14. Caro-Domínguez P, Victoria T, Bueno Gomez M, Sainz-Bueno JA. Magnetic resonance imaging of fetal abdominal pathology: a complementary tool to prenatal ultrasound. *Pediatr Radiol.* 2023;53(9):1829-41. DOI: <http://doi.org/10.1007/s00247-023-05655-0> PMID: 37039913.
15. Ishiyama H, Ishikawa A, Kitazawa H, Fujii S, Matsubayashi J, Yamada S, et al. Branching morphogenesis of the urinary collecting system in the human embryonic metanephros. *PLoS One.* 2018;13(9):e0203623. DOI: <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0203623> PMID: 30192900; PMCID: PMC6128595.
16. Dmytrenko RR, Koval OA, Andrushchak LA, Makarchuk IS, Tsyhykalo OV. Peculiarities of the identification of different types of tissues during 3D-reconstruction of human microscopic structures. *Neonatology, surgery and perinatal medicine.* 2023;13(4):125-34. DOI: <http://doi.org/10.24061/2413-4260.XIII.4.50.2023.18>
17. Thakar R, Fenner DE, Hong CX. Anatomy of the Pelvic Floor, Perineum and Anal Sphincter. In: Sultan AH, Thakar R, Lewicky-Gaupp C, editors. *Pelvic Floor, Perineal, and Anal Sphincter Trauma During Childbirth.* Cham: Springer; 2024. p. 1-16. DOI: http://doi.org/10.1007/978-3-031-43095-4_1
18. Bazira PJ. Anatomy of the kidney and ureter. *Surgery (Oxford).* 2022;40(8):481-8. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.mpsur.2019.04.005>
19. O'Meara S, Cunnane EM, Croghan SM, Cunnane CV, Walsh MT, O'Brien FJ, et al. Mechanical characteristics of the ureter and clinical implications. *Nat Rev Urol.* 2024;21(4):197-213. DOI: <http://doi.org/10.1038/s41585-023-00831-1> PMID: 38102385.
20. Fujiwara K, Hiraka K, Shindo K, Abe A, Masatsugu T, Hirano T, et al. Variations in the cystic duct: frequency and the relationship among insertion sides and heights on the bile duct. *Surg Radiol Anat.* 2024;46(2):223-30. DOI: <http://doi.org/10.1007/s00276-023-03275-9> PMID: 38197959.
21. Rajguru JABA, Dave M. The morphological aberrations of cystic duct and its clinical significance: a gross anatomical study. *International Journal of Anatomy, Radiology and Surgery.* 2018;7(2):AO23-8. DOI: <http://doi.org/10.7860/IJARS/2018/35596:2386>
22. Boulenger de Hauteclouque A, Michiels C, Sarrazin J, Faessel M, Sabatier J, Khaddad A, et al. Three Dimensional Printing Technology Used to Create a High-Fidelity Ureterscopy Simulator: Development and Validity Assessment (Rein-3D-Print-UroCCR-39). *Urology.* 2023;176:36-41. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.urology.2023.02.039> PMID: 36907468.
23. Kamo M, Nozaki T, Horiuchi S, Muraishi N, Yamamura J, Akita K. There are no three physiological narrowings in the upper urinary tract: a new concept of the retroperitoneal anatomy around the ureter. *Jpn J Radiol.* 2021;39(5):407-13. DOI: <http://doi.org/10.1007/s11604-020-01080-7> PMID: 33420862; PMCID: PMC8096766.
24. Jin X, Zhong H, Zhang Y, Pang GD. Deep-learning-based method for the segmentation of ureter and renal pelvis on non-enhanced CT scans. *Sci Rep.* 2024;14(1):20227. DOI: <http://doi.org/10.1038/s41598-024-71066-2> PMID: 39215092; PMCID: PMC11364809.
25. Li WG, Luo XY, Chin SB, Hill NA, Johnson AG, Bird NC. Non-Newtonian bile flow in elastic cystic duct: one- and three-dimensional modeling. *Ann Biomed Eng.* 2008;36(11):1893-908. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10439-008-9563-3> PMID: 18791826.
26. Zhu W, Zheng M, Xiong S, Han G, Meng C, Li Z, et al. Modified Takazawa anatomical classification of renal pelvicalyceal system based on three-dimensional virtual reconstruction models. *Transl Androl Urol.* 2021;10(7):2944-52. DOI: <http://doi.org/10.21037/tau-21-309> PMID: 34430397; PMCID: PMC8350222.
27. Ooi RC, Luo XY, Chin SB, Johnson AG, Bird NC. The flow of bile in the human cystic duct. *J Biomech.* 2004;37(12):1913-22. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.02.029> PMID: 15519599.
28. Li WG, Luo XY, Johnson AG, Hill NA, Bird N, Chin SB. One-dimensional models of the human biliary system. *J Biomech Eng.* 2007;129(2):164-73. DOI: <http://doi.org/10.1115/1.2472379> PMID: 17408321.

STRUCTURAL REGULARITIES OF THE CLOSING APPARATUS OF THE URINARY AND DIGESTIVE SYSTEMS

O. Tsyhykalo, K. Vladychenko, A. Grinkevych, V. Nagorny

**Bukovinian State Medical University
(Chernivtsi, Ukraine)**

Summary.

According to international anatomical nomenclature, sphincter structures across various organs and systems are uniformly designated by the term M. sphincter (A04.0.00.028), with the English equivalent «sphincter muscle» and the Ukrainian equivalent «м'яз-замикач». However, these structures do not exhibit a consistent circular arrangement of striated or smooth muscle fibres encircling the luminal junction between segments of the urinary or digestive tracts.

The aim of the study was to elucidate the microscopic structural patterns and to systematise the morpho-functional characteristics of the closing apparatuses in the urinary and digestive systems during the prenatal period of human ontogenesis.

Material and methods of the study. The study was conducted on 25 preterm fetuses (parieto-coccygeal length 12.0-80.0 mm) and 20 fetuses (parieto-coccygeal length 81.0-375.0 mm) using a combination of morphological techniques: vascular injection, preparation and analysis of serial histological sections, and three-dimensional computer reconstruction. The Biomedical Ethics Committee of Bukovinian State Medical University (Minutes No. 2, dated 16 October 2025) confirmed compliance with ethical and legal standards. The study forms part of the scheduled research project of the Department of Histology, Cytology and Embryology, Bukovinian State Medical University, entitled «Structural and functional features of tissues and organs in ontogenesis, patterns of variant, constitutional, sex-age, and comparative morphology of humans» (state registration No. 0121U110121; implementation period January 2021 – December 2025).

Results. The closing apparatuses of the digestive and urinary systems in human fetuses demonstrate considerable structural diversity. Nevertheless, all share three principal components: muscular, vascular, and modification of mucosal surface relief. The relative prominence of each component varies according to the functional demands and topographic relationships of the specific closing segment. Given this evidence, replacement of the Ukrainian term «м'яз-замикач» with «сфінктер» is recommended to eliminate terminological ambiguity and enable more precise and comprehensive description of human closing structures.

Conclusions. 1. Closing structures regulating the passage of contents between hollow organs of the urinary and digestive systems are characterised by three fundamental components: a muscular layer, a vascular network, and alterations in the relief of the mucosal lining. 2. The muscular component, manifesting as a sphincter muscle with circularly oriented bundles, is present in the orbicularis oculi muscle, external anal sphincter, and external urethral sphincter, where it integrates closely with adjacent musculature. The internal urethral sphincter and pyloric sphincter consist of localised thickenings and direct extensions of the circular muscle coat of the respective tubular organ. 3. At the junction of the common bile duct with the duodenum, and the ureter with the bladder, the closing mechanism is achieved through penetration of the intestinal or bladder muscular wall by the tubular structure, combined with submucosal vascular engorgement and modification of mucosal surface relief. 4. The neck of the gallbladder at its transition to the cystic duct, and the renal pelvis at its transition to the ureter, exhibit distinctive luminal configuration and structure due to mucosal protrusions that function as both active and passive resistive mechanisms, regulating fluid flow velocity via submucosal vascular filling.

Keywords: Anatomy; Stomach; Digestive System; Urinary System; Sphincter Muscles; Blood Supply; Fetus.

Контактна інформація:

Цигикало Олександр Віталійович – д. мед. н., професор, завідувач кафедри гістології, цитології та ембріології Буковинського державного медичного університету (м. Чернівці, Україна)

e-mail: tsyhykalo.olexandr@bsmu.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2302-426X>

Researcher ID: C-3676-2017

Scopus Author ID: 57195933570

Владиченко Костянтин Анатолійович – к. мед. н., асистент кафедри загальної хірургії та урології, Буковинський державний медичний університет (м. Чернівці, Україна)

e-mail: vladychenko@meta.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5523-8735>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/rid/AIA-5103-2022>

Гринкевич Андрій Юрійович – аспірант кафедри гістології, цитології та ембріології Буковинського державного медичного університету (м. Чернівці, Україна)

e-mail: adriano1799@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-3427-4450>

Нагорний Віталій Іванович – лікар-інтерн хірург Комунального некомерційного підприємства «Хмельницька обласна лікарня» (м. Хмельницьк, Україна)

e-mail: nahorny.vitalii.mf2@bsmu.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5078-348X>

Contact Information:

Olexandr Tsyhykalo – MD, Professor, Head of the Department of Histology, Cytology and Embryology of Bukovinian State Medical University (Chernivtsi, Ukraine)

e-mail: tsyhykalo.olexandr@bsmu.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2302-426X>

Researcher ID: C-3676-2017

Scopus Author ID: 57195933570

Kostiantyn Vladychenko – Candidate of Medical Sciences, assistant of the Department of General surgery and Urology, Bukovynian State Medical University (Chernivtsi, Ukraine)

e-mail: vladychenko@meta.ua

ORCHID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5523-8735>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/rid/AIA-5103-2022>

Andriy Grynkevych – Graduate Student, the Department of Histology, Cytology and Embryology, Bukovinian State Medical University (Chernivtsi, Ukraine)

e-mail: adriano1799@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-3427-4450>

Vitaliy Nahorny – Intern Surgeon of the Municipal Non-Profit Enterprise «Khmelnyskyi Regional Hospital» (Khmelnyskyi, Ukraine)

e-mail: nahorny.vitalii.mf2@bsmu.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5078-348X>

Поступило до редакції: 17 грудня 2025 р.

Затверджено до друку: 23 лютого 2026 р.

Опубліковано: 27 березня 2026 р.

