

МІКРО- ТА СУБМІКРОСКОПІЧНА БУДОВА ЛІВОГО ПЕРЕДСЕРДНО-ШЛУНОЧКОВОГО КЛАПАННОГО АПАРАТУ ЛЮДИНИ ЗРІЛОГО ВІКУ В НОРМІ**Т.О. Семенюк, Ю.Ю. Малик, Н.П. Пентелейчук, А.А. Ходоровська**

Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна

Ключові слова: мітральний клапан, мікроскопічна будова, субмікроскопічна будова.

Буковинський медичний вісник. 2023. Т. 27, № 1 (105). С. 23-27.

DOI: 10.24061/2413-0737.27.1.105.2023.5**E-mail:**

semeniuk.tetiana@bsmu.edu.ua

malyk.yuliia@bsmu.edu.ua

pentelchuk.nataliia@bsmu.edu.ua

khorodovska.alla@bsmu.edu.ua

Резюме. У роботі представлена морфологічна характеристика мітрального клапана (МК) серця людини зрілого віку в нормі.**Мета дослідження.** З'ясувати особливості будови структурних складових мітрального клапанного апарату (КА) серця людини зрілого віку в нормі.**Матеріал і методи.** Дослідження виконано на 32 препаратах МК серцець людини зрілого віку. Використано комплекс методів морфологічного дослідження: методи світлової та електронної мікроскопії, гістохімічний метод.**Результати.** Із використанням комплексу методів морфологічних досліджень здійснено дослідження структурних складових мітрального КА людини зрілого віку в нормі та встановлена їх гістоархітектоніка на мікро- та субмікроскопічному рівнях.**Висновки.** Стулки мітрального клапана являють собою сполучно-тканинні пластинки, що вкриті одношаровим плоским епітелієм – ендотелієм. Товща стулок утворена волокнистою сполучною тканиною різної щільності, внаслідок чого виявлені три шари: губчастий, волокнистий та шлуночковий. Типові сухожилкові струни у вигляді сполучнотканинних ниток простягаються від соскоподібних м'язів до стулок мітрального клапана та прикріплюються до їх шлуночкової поверхні. Остов сухожилкових струн утворений щільною оформленою волокнистою сполучною тканиною. У ділянках з боку соскоподібних м'язів у деяких сухожилкових струн наявна поперечно-посмугована серцева м'язова тканина. Соскоподібні м'язи утворені робочими волокнами кардіоміоцитів, що формують своєрідну сітку за рахунок розгалужень та анастомозів. Робочі волокна кардіоміоцитів супроводжуються прошарками пухкої волокнистої сполучної тканини, у складі якої велика кількість кровоносних судин.**MICRO- AND ULTRAMICROSCOPIC STRUCTURE OF THE LEFT ATRIA-VENTRICULAR VALVULAR APPARATUS IN HUMAN AT THE MATURE AGE IN NORM****T.O. Semeniuk, Yu.Yu. Malyk, N.P. Pentelchuk, A.A. Khodorovska****Key words:** mitral valve, microscopic structure, ultramicroscopic structure.

Bukovinian Medical Herald.

2023. V. 27, № 1 (105). P. 23-27.

Resume. This article presents the morphological characteristics of the mitral valve of a normal heart of an adult at a mature age.**The purpose** of our investigation is to find out the peculiarities of the morphology of the structural components of the mitral valve apparatus of the heart of a person of mature age in the norm.**Material and methods.** The study was performed on 32 preparations of mitral valves of adult human hearts. A complex of morphological research methods was used: methods of light and electron microscopy, histochemical method.**Results.** With the use of a complex of morphological research methods, a study of the structural components of the mitral valve apparatus of a normal mature person was carried out and their histoarchitectonics was established at the micro- and sub-microscopic levels.**Conclusions.** The leaflets of the mitral valve are connective tissue plates covered with a single-layer flat epithelium - endothelium. The leaflets are formed by fibrous connective tissue of different density, as a result of which three layers are identified: spongy, fibrous and ventricular. Typical chordae tendineae in the form of connective tissue threads extend from the papillary muscles to the leaflets of the mitral valve and attach to their ventricular surface. The skeleton of chordae

Оригінальні дослідження

tendinea is formed by dense fibrous connective tissue. Striated cardiac muscle tissue is found in some chordae tendinea in the areas on the side of the papillary muscles. The papillary muscles are formed by the working fibers of cardiomyocytes, which form a kind of network due to branches and anastomoses. The working fibers of cardiomyocytes are accompanied by layers of loose fibrous connective tissue, which includes a large number of blood vessels.

Вступ. Статистичні дані щодо серцево-судинних захворювань сьогодні є невтішними. Серцево-судинні захворювання, які є головними причинами смертності та інвалідності у країнах із різним середнім рівнем життя, залишають за собою передові позиції. Відслідковується зростання смертності від серцево-судинних хвороб у світі, зокрема, з 12,1 мільйона в 1990 році до 18,6 мільйона у 2019 році. В Україні смертність становить 64,3 % і за цим показником Україна є одним із лідерів [4]. На перших місцях серед причин смертності людей посідають ішемічна та гіпертонічна хвороби. Вади клапанного апарату серця поступаються попереднім та становлять близько 25%, і саме вони є причиною ранньої інвалідизації населення. Серед патологій КА ураження мітрального клапана спостерігається найчастіше. За даними хірургічних стаціонарів, ізольований мітральний стеноз становить 44–68% серед хворих із мітральними вадами. У 40% пацієнтів з мітральною недостатністю неревматичного генезу розвиток мітральної вади спричиняє мезенхімальна дисплазія [3]. Науковці досліджують морфологічні зміни при набутих вадах клапанів серця людини, при гіпертрофічній кардіоміопатії [7,2] тощо. Звісно, медична допомога має бути кваліфікованою та своєчасною. Одним із найефективніших методів лікування вад МК є хірургічний метод, зокрема протезування клапана. У результаті даного методу можливо усунути набуті патологічні зміни, покращити внутрішньосерцеву гемодинаміку та якість життя хворих у цілому [1]. Для отримання позитивних результатів хірургічного лікування потрібний достатній рівень знань щодо морфології клапанів серця. Саме тому вивчення серця в цілому, його КА є актуальним сьогодні [5, 8]. Удосконалення вже відомих даних морфологічних досліджень мають сприяти покращенню результатів практичної медицини, щоб максимально наблизити фізіологічний процес перекачування крові серцем до норми [6].

Мета роботи. З'ясувати особливості будови структурних складових мітрального КА серця людини зрілого віку в нормі.

Матеріал і методи. Дослідження виконано на 16 препаратах МК сердець людини зрілого віку, причини смерті яких не пов'язані зі серцево-судинними захворюваннями. Використано комплекс методів морфологічного дослідження: методи світлової та електронної мікроскопії, гістохімічний метод. Для світлової мікроскопії та гістохімічного методу біологічний матеріал вилучали та фіксували в 10% розчині нейтрального формаліну. Для електронної мікроскопії – у 2,5% розчині глютаральдегіду з рН 7,3-7,4, приготовленому на фосфатному буфері. Після

фіксації біологічний матеріал проведено через усі етапи приготування гістологічних препаратів включно виготовлення серійних гістологічних зрізів товщиною 5-7 мкм та їх забарвлення. З метою вивчення загальної будови використовували барвники гематоксилін та еозин. З метою виявлення еластичних, колагенових волокон, м'язової тканини у складі КА використовували методи забарвлення за ван Гізон, ван Гізон – Вейгертом, Пікро-Малорі та за методикою Слінченка. Будову МК на субмікроскопічному рівні вивчали із використанням електронного мікроскопа ЕМВ-100 ЛМ.

Результати дослідження та їх обговорення. КА лівої половини серця є комплексом анатомічних структур, що утворений із волокнистого кільця, стулок МК, типових СС та СМ. Усі складові знаходяться в анатомічному взаємозв'язку та злагодженій взаємодії під час серцевого циклу.

У результаті світлової мікроскопії виявлено, що усі структурні складові лівого передсердно-шлуночкового КА вкриті ендотелієм. Ендотеліальні клітини розташовуються одним шаром та мають плоску, видовжену форму. У центрі клітини міститься одне ядро видовженої форми, яке забарвлюється базифільно, його вісь спрямована паралельно до поверхні стулок. Периферійні ділянки ендотеліоцита стоншені. При електронно-мікроскопічному дослідженні встановлено, що ендотеліальні клітини мають ядерну опуклість (рис. 1), крайові підвищення та складки. Навколоядерне потовщення локалізується по центру клітини, а крайові підвищення та складки – переважно по краях клітини.

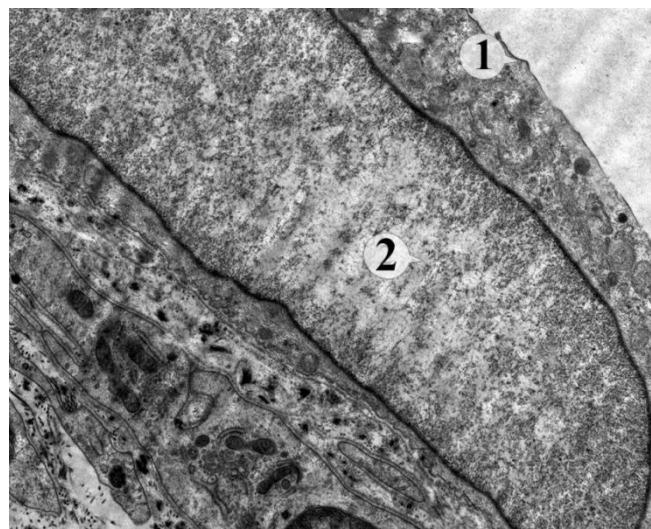


Рис. 1. Ультрамiкроскопiчна органiзацiя ендотелiоцита. Ядерна зона. Електронна мiкрофотографiя. Зб. 6400 \times : 1 – клiтинна оболонка; 2 – ядро

У кожному ендотеліоциті спостерігаємо чотири морфофункціональні зони: ядерну, зону органел, периферійну та контактуючу. Також розрізняємо три функціональні поверхні: люмінальну, базальну та контактуючу. Ядро розташовується в ядерній зоні, що відповідає центру клітини. У ядрі розпізнаються чисельні інвагінації ядерної оболонки. Над ядром розташовується комплекс Гольджі, що представлений системою плоских канальців та цистерн, маленькими пухирцями та великими вакуолями. Також біля ядра міститься клітинний центр. Елементи гранулярної ендоплазматичної сітки, мітохондрії переважно сконцентровані в зоні органел. Спеціальні структури транспорту в ендотеліоциті переважно сконцентровані у периферійній зоні. Це, перш за все, мікропіноцитозні пухирці та трансендотеліальні канали. Люмінальна поверхня ендотеліоцитів містить багато мікроростів, складок та мікрворсинок (рис.2), що виступають у порожнини серця. Ділянки контактуючих поверхонь між ендотеліоцитами достатньо глибокі. Більшість з них містять один або два щільних міжклітинних контакти, які розташовуються поблизу до люмінальної поверхні клітин.

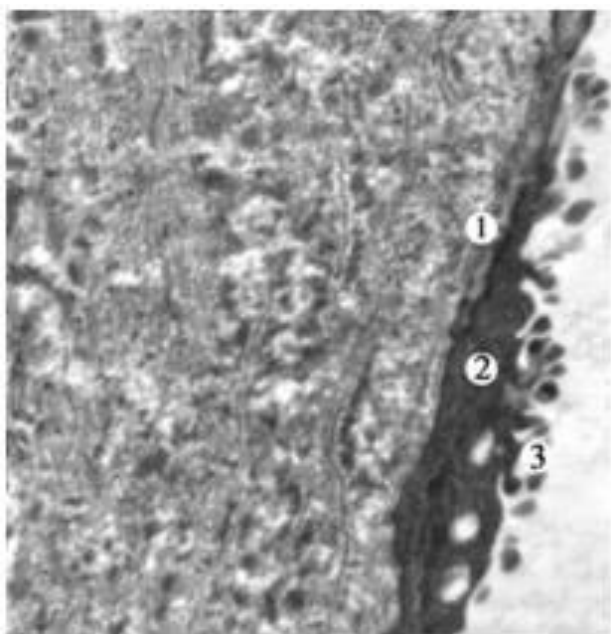


Рис. 2. Ультрамiкроскопiчна органiзацiя люмінальної поверхнi ендотелiоцита. Електронна мiкрофотографiя. Зб. 6400 \times : 1 – базальна мембрана; 2 – цитоплазма ендотелiоцита; 3 – мiкроросинки

Велика кiлькiсть щiлинних контактiв мiж сусiднiми ендотелiоцитами наводить на думку, що ендотелiоцити знаходяться в iнтимному електрохiмiчному зв'язку по сусiдству. Такий тип контакту дозволяє швидко мiжклiтинне електрохiмiчне поширення функцiональних властивостей ендотелiоцитiв пiсля активацiї навiть одної клiтини.

Одним iз головних компонентiв електронно-щiльного шару базальної мембрани, на якiй розташовуються ендотелiоцити, є колаген IV типу.

За допомогою гiстохiмiчного методу виявлено, що стулки МК мають три чiтко вираженi шари, що утворенi волокнистою сполучною тканиною. Шар, що з боку передсердної поверхнi, називається губчастим. Шар, що з боку шлуночкової поверхнi, називається шлуночковим. Волокнистий шар розташовується мiж двома попереднiми.

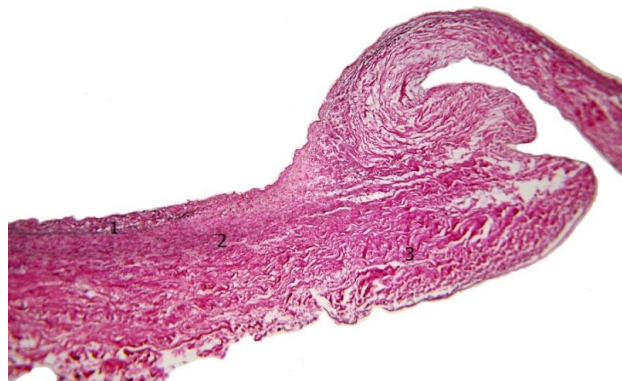


Рис. 3. Поперечний зрiз стулки мiтрального клапана. Забарвлення за ван Гiзон-Вейгертом. Мiкрофотографiя. Зб. 100 \times : 1 – губчастий шар; 2 – волокнистий шар; 3 – шлуночковий шар

У складi губчастого шару стулки МК iз використанням гiстохiмiчного методу виявленi колагеновi та еластичнi волокна iз переважанням еластичних, клiтини фiбробластичного ряду та iх оточення у виглядi аморфної речовини. Волокнистий шар є найтовстiшим та найщiльнiшим серед трьох шарiв. Товстi пучки колагенових волокон прямують в одному напрямку. Мiж пучками колагенових волокон у прошарках пухкої сполучної тканини трапляються фiброласти та фiброцити (рис. 4).

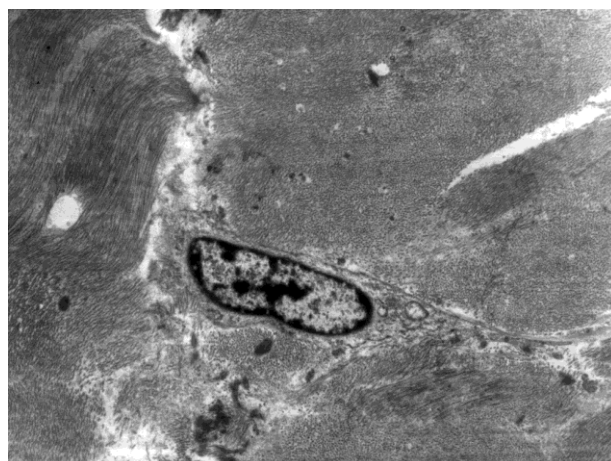


Рис. 4. Субмiкроскопiчна будова волокнистого шару стулки мiтрального клапана. Фiбробласт в оточеннi пучкiв колагенових волокон. Електронна мiкрофотографiя. Зб. 3200 \times

У шлуночковому шарi виявлено як колагеновi, так i еластичнi волокна. Пучки колагенових волокон прямують у рiзних напрямках, а еластичних волокон у

Оригінальні дослідження

цьому шарі виявлено багато, але значно менше ніж подібних у складі губчастого шару. У ділянках, де СС прикріплюються до шлуночкової поверхні стулки клапана, колагенові волокна прямують у підендотеліальний шар стулки.

Типові СС мають вигляд ниток, що розташовуються між СМ та стулками МК. Їх товщина зменшується, а кількість збільшується в напрямку від СМ до стулки внаслідок дихотомічних розгалужень декількох порядків. У результаті світлової мікроскопії та гістохімічного методу виявлено, що СС зовні також вкриті складовими ендокарда, зокрема ендотелієм та пухким колагеново-еластичним шаром, що локалізується безпосередньо під ним. Центральна частина струн, або стрижень СС, є більш щільною. У її складі виявлені переважно пучки колагенових волокон, що прямують в одному напрямку та щільно упаковані. Між пучками спостерігаються клітини фібробластичного ряду, зокрема фіброласти та фіброцити. У ділянках струн з боку СМ у деяких СС трапляються пучки скоротливих кардіоміоцитів у супроводі кровоносних капілярів у складі прошарків пухкої волокнистої сполучної тканини.

Центральна частина СМ, або остов м'яза, на мікроскопічному рівні утворена поперечно-посмугованою серцевою м'язовою тканиною. У її складі переважають пучки робочих волокон, що побудовані кардіоміоцитами. Дані пучки прямують в одному поздовжньому напрямку. Між пучками кардіоміоцитів спостерігаються прошарки пухкої сполучної тканини, яка містить велику кількість кровоносних судин. Кожний кардіоміоцит є прямокутної форми з одним або двома ядрами, що локалізуються у центрі клітини. У цитоплазмі кардіоміоцитів спостерігається поперечна посмугованість із чергуванням світлих та темних дисків. Сусідні кардіоміоцити з'єднуються між собою за допомогою вставних дисків та за рахунок розгалужень і анастомозів робочі волокна формують своєрідну сітку.

Висновки. Стулки мітрального клапана являють собою сполучнотканинні пластинки, що вкриті одношаровим плоским епітелієм – ендотелієм. Товща стулок утворена волокнистою сполучною тканиною різної щільності, внаслідок чого виявлені три шари: губчастий, волокнистий та шлуночковий. Типові сухожилкові струни у вигляді сполучнотканинних ниток простягаються від соскоподібних м'язів до стулок мітрального клапана та прикріплюються до їх шлуночкової поверхні. Остов сухожилкових струн утворений щільною оформленою волокнистою сполучною тканиною. У ділянках з боку соскоподібних м'язів у деяких сухожилкових струн наявна поперечносмугаста серцева м'язова тканина. Соскоподібні м'язи утворені робочими волокнами кардіоміоцитів, що формують своєрідну сітку за рахунок розгалужень та анастомозів. Робочі волокна кардіоміоцитів супроводжуються прошарками пухкої волокнистої сполучної тканини, у складі якої велика кількість кровоносних судин.

Перспективи подальших досліджень. Морфологічні дослідження надалі будуть спрямовані на вивчення особливостей морфологічної будови передсердно-шлуночкових клапанів серця в нормі та їх вікову перебудову. Дослідження будуть проводитись із використанням сучасних методів дослідження, що, у свою чергу, надасть можливість винайти морфологічні складові клапанів серця «по-новому» та на більш високому рівні. Отримані дані знайдуть застосування у сфері тканинної інженерії з метою удосконалення кардіохірургії сьогодення.

Список літератури

1. Большак ОО, Мнішенко ВІ, Трємбовецька ОМ, Бєшляга ВМ, Лєошко ІВ, Попов ВВ. Віддалені результати корекції мітральної недостатності з порушенням цілісності хордальнопапілярного континууму. Вісник серцево-судинної хірургії. 2017;2:28-32.
2. Захарова ВП, Руденко ОВ, Трємбовецька ОМ, Захарцева ЛМ. Патогенетична роль мітрального клапана при гіпертрофічній кардіоміопатії. Вісник серцево-судинної хірургії. 2019;4:23-7.
3. Лукас КВ, Лазоришинєць ВВ. Клапанозберігаючі операції на хордо-папілярному континуумі при протезуванні мітрального клапана. Клінічна хірургія. 2020;87(1-2):8-10. DOI: 10.26779/2522-1396.2020.1-2.08.
4. Серцево-судинні захворювання — головна причина смерті українців. Висновки з дослідження глобального тягаря хвороб у 2019 році. [Інтернет] [Цитовано 2021 січень 04]. Доступно: <https://phc.org.ua/news/sercevo-sudinni-zakhvoryuvannya-golovna-prichina-smerti-ukrainciv-visnovki-z-doslidzhennya>.
5. Сімівська Р. Морфологічні особливості клапанних апаратів серця людини й експериментальних тварин у нормі та за умов впливу патогенних чинників. Праці НТШ Медичні науки. 2018;54(2):26-32. DOI: 10.25040/ntsh2018.02.026.
6. Pappano AJ, Wier WG. Cardiovascular Physiology. 11th ed. Phila. PA: Elsevier Mosby; 2019.
7. Попадинєць ОГ, Білик ЯО, Чорній СВ, Юрах ОМ, Дубина НМ, Федюк ЛЯ. Морфологічні прояви набутих вад клапанів серця людини запального і незапального генезу. Вісник медичних і біологічних досліджень. 2022;3:36-40. <https://doi.org/10.11603/bmbr.2706-6290.2022.3.13179>.
8. Gumpangseth T, Lekawanvijit S, Mahakkanukrauh P. Histological assessment of the human heart valves and its relationship with age. Anat Cell Biol. 2020;53(3):261-71. DOI: 10.5115/acb.20.093.

References

1. Bol'shak OO, Mnishenko VI, Trembovets'ka OM, Beshliaha VM, Leoshko IV, Popov VV. Viddaleni rezul'taty korektsii mitral'noi nedostatnosti z porushenniam tsilisnosti khordal'nopapiliarnoho kontynuumu [Long-term results of the correction of mitral insufficiency with violation of the integrity of the chordal-papillary continuum]. Visnyk sertsevo-sudynnoi khirurhii. 2017;2:28-32. (in Ukrainian).
2. Zakharova VP, Rudenko OV, Trembovetska OM, Zakhartseva LM. Patohenetychna rol mitral'nogo klapana pry hipertrofichnii kardiomiopatii [Pathogenetic role of the mitral valve in hypertrophic cardiomyopathy]. Visnyk sertsevo-sudynnoi khirurhii. 2019;4:23-7. (in Ukrainian).
3. Pukas KV, Lazoryshynets' VV. Klapanozberihaiuchi operatsii na khordo-papiliarnomu kontynuumi pry protezuvanni mitral'nogo klapana [Valve Preservation operations on the chordo-papillary continuum during mitral valve prosthetics].

Klinichna khirurgiia. 2020;87(1-2):8-10. DOI: 10.26779/2522-1396.2020.1-2.08. (in Ukrainian).

4. Sertsevo-sudynni zakhvoriuvannia — holovna prychna smerti ukrainsiv. Vysnovky z doslidzhennia hlobal'noho tiaharia khvorob u 2019 rotsi [Cardiovascular diseases are the main cause of death of Ukrainians. Findings from the Global Burden of Disease Study 2019]. [Internet] [Cited 2021 Jan 04]. Available from: <https://phc.org.ua/news/sercevo-sudynni-zakhvoryuvannya-golovna-prichina-smerti-ukrainciv-visnovki-z-doslidzhennya>. (in Ukrainian).

5. Symivs'ka R. Morfolohichni osoblyvosti klapannykh aparativ sertsia liudyny u eksperymental'nykh tvaryn u normi ta za umov vplyvu patohennykh chynnykiv [Morphological features of the valvular apparatus of the human heart and experimental animals in normal conditions and under the influence of pathogenic factors]. Pratsi NTSh Medychni nauky. 2018;54(2):26-32. DOI: 10.25040/ntsh2018.02.026. (in Ukrainian).

6. Pappano AJ, Wier WG. Cardiovascular Physiology. 11th ed. Phila. PA: Elsevier Mosby; 2019.

7. Popadynets' OH, Bilyk YaO, Chornii SV, Yurakh OM, Dubyna NM, Fedoiuk LIa. Morfolohichni proiavy nabutykh vad klapaniv sertsia liudyny zapal'noho i nezapal'noho henezu [Morphological manifestations of acquired defects of human heart valves of inflammatory and non-inflammatory genesis]. Visnyk medychnykh i biolohichnykh doslidzen'. 2022;3:36-40. <https://doi.org/10.11603/bmbr.2706-6290.2022.3.13179>. (in Ukrainian).

8. Gumpangseth T, Lekawanvijit S, Mahakkanukrauh P. Histological assessment of the human heart valves and its relationship with age. Anat Cell Biol. 2020;53(3):261-71. DOI: 10.5115/acb.20.093..

Відомості про авторів

Семенюк Тетяна Олексіївна – канд. мед. наук, доцент кафедри гістології, цитології та ембріології Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна.

Малик Юлія Юріївна – канд. мед. наук, доцент кафедри гістології, цитології та ембріології Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна.

Пентелейчук Наталія Петрівна – канд. біолог. наук, доцент кафедри гістології, цитології та ембріології Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна.

Ходоровська Алла Анатоліївна – канд. мед. наук, доцент кафедри гістології, цитології та ембріології Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна.

Information about the authors

Semeniuk Tetiana Oleksiivna – PhD, Associate Professor of the Department of Histology, Cytology and Embryology, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

Malyk Yulia Yuriivna – PhD, Associate Professor of the Department of Histology, Cytology and Embryology, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

Pentelejchuk Natalia Petrivna – PhD, Associate Professor of the Department of Histology, Cytology and Embryology, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

Khodorovska Alla Anatoliivna – PhD, Associate Professor of the Department of Histology, Cytology and Embryology, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

Надійшла до редакції 15.01.22

Рецензент – проф. Давиденко І.С.

© Т.О. Семенюк, Ю.Ю. Малик, Н.П. Пентелейчук, А.А. Ходоровська, 2023