

ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ СЕРЦЯ ЩУРІВ ПРИ СТРЕС-АСОЦІЙОВАНИХ РОЗЛАДАХ

С.В. Чорний, І.Ю. Бевзюк, В.А. Мірошник, О.В. Денефіль, З.М. Небесна

Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського, м. Тернопіль, Україна

Згідно з даними ВООЗ, понад 45% захворювань пов'язані зі стресом. Стресова реакція відіграє вирішальну роль в адаптації організму до зовнішніх факторів, однак тривалий або інтенсивний вплив призводить до дезадаптації та пошкодження тканин, що сприяє розвитку різноманітних патологій.

Мета – вивчити морфологічний стан міокарда у самців та самок щурів зі стрес-асоційованими розладами, зосереджуючись на статеві-специфічних відмінностях.

Матеріали та методи. Робота виконана на 40 щурах лінії Вістар різної статі масою 180-200 г, віком 4 місяці, розподілених на 4 групи у рівній кількості – контроль самці (I), контроль самки (II), САР, самці (III), САР, самки (IV). Моделювання САР здійснювали шляхом тривалого стресу, відтвореного двічі з проміжком 7 днів із таким алгоритмом дій: 1. Знерухомлення за допомогою фіксування м'якими лямками спинкою донизу на дерев'яній дошці впродовж 2 годин; 2. Відразу після іммобілізації плавання у воді з температурою 37 °C і висотою стовпа води 40 см тривалістю 20 хвилин; 3. 10-хвилинний відпочинок; 4. Перебування під впливом запаху сечі хижака (для щурів – kota) протягом 20 хвилин; 5. Вплив парів ефіру до розміщення тварини в лежачому положенні на боці. За 7 днів до моделювання САР з метою визначення стресостійкості проведено дослідження поведінки щурів за допомогою тесту «відкрите поле». Для дослідження забирали середню третину шлуночків серця, після фіксації та стандартної проводки матеріал заливали у парафінові блоки. Мікротомні зрізи товщиною 5 мкм забарвлювали гематоксилін-еозином. Мікроскопічне дослідження препаратів здійснювали з використанням світлового мікроскопу «Nicon Eclipse Ci» (Японія) із застосуванням об'єктивів x 4, 10, 20 та окуляра x 10. Фотографували препарати камерою Sigeta (Японія). Комісією з питань біоетики Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського МОЗ України (протокол № 80 від 10 січня 2025 р.) порушень етичних норм при проведенні науково-дослідної роботи не виявлено. Дослідження виконували у межах НДР кафедри патологічної фізіології Тернопільського національного медичного університету ім. І.Я.Горбачевського «Дослідження патогенетичних закономірностей розвитку посттравматичних і запально-дегенеративних ушкоджень органів і систем та їх корекція» (шифр держреєстрації 0124U000154).

Результати. У щурів зі стрес-асоційованими розладами спостерігали набряк міокарда, повнокрів'я судин та поодинокі лімфогістіоцитарну інфільтрацію. Деякі препарати показали розволокнення волокон, руйнування кардіоміоцитів та застій крові з утворенням складжу. Змінні тинкторіальні властивості засвідчували про дегенеративні зміни. Усі ураження були більш суттєвими у самок, зокрема, значний набряк строми та гемодинамічні порушення.

Висновок. Стрес-асоційовані морфологічні зміни в міокарді щурів полягають у деструкції та набряку кардіоміоцитів і міжклітинної строми, помірно вираженій лімфогістіоцитарній інфільтрації, гемодинамічних розладах, порушенні мікроциркуляції. Більш суттєві морфологічні зміни виявлено у міокарді самок.

Ключові слова: стрес-асоційовані розлади, міокард щурів, морфологічні зміни.

Клінічна та експериментальна патологія 2025. Т.24, № 4 (94). С. 75-79

DOI 10.24061/1727-4338.XXIV.4.94.2025.11

E-mail: chornij_sofvol@tdmu.edu.ua

FEATURES OF THE STRUCTURAL ORGANIZATION OF THE RAT HEART IN STRESS-ASSOCIATED DISORDERS

S.V. Chorniy, I.Yu. Bevzyuk, V.A. Miroshnyk, O.V. Denefil, Z.M. Nebesna

I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil, Ukraine

According to WHO, more than 45% of diseases are related to stress. The stress response plays a crucial role in the body's adaptation to external factors, however, prolonged or intense exposure leads to maladaptation and tissue damage, which contributes to the

Key words: stress-associated disorders, rat myocardium, morphological changes.

Clinical and experimental pathology 2025. Vol. 24, № 4 (94). P. 75-79.

development of various pathologies.

The aim – to study the morphological state of the myocardium in male and female rats with stress-associated disorders (SAD), focusing on sex-specific differences.

Material and methods. The work was performed on 40 Wistar rats of different sex, 4-months old and 180-200 g of weight, divided into 4 groups in equal quantity - control males (I), control females (II), SAD, males (III), SAD, females (IV). Modeling of SAD was carried out by prolonged stress, reproduced twice with an interval of 7 days with the following algorithm of actions: 1. Nonmotility by means of soft straps fixation back down on a wooden board for 2 hours; 2. Swimming in water at a temperature of 37°C and 40 cm water column height for 20 minutes immediately after immobilization. 3. 10-minute rest; 4. Stay under the influence of predator urine smell (for rats - a cat) for 20 minutes; 5. Exposure to ether vapors before placing the animal in a lateral recumbent position. In order to determine stress resistance, investigation of rats' behavior, using the "open field" test, was conducted 7 days before SAD modeling. The average third of the ventricles of the heart was taken for investigation, the material was poured into paraffin blocks following fixation and standard wiring. Microtome sections 5 µm thick were stained with hematoxylin-eosin. Microscopic examination of the preparations was carried by means of a light microscope "Nicon Eclipse Ci" (Japan) using lenses x 4, 10, 20 and an eyepiece x 10. Preparations were photographed with a Sigeta camera (Japan). The Bioethics Commission of the Ternopil National Medical University named after I. Ya. Horbachevsky of the Ministry of Health of Ukraine (protocol No. 80 dated January 10, 2025) did not reveal any violations of ethical norms during the research work. The research was carried out within the framework of the research project of the Department of Pathological Physiology of the Ternopil National Medical University named after I. Ya. Horbachevsky "Study of pathogenetic patterns of development of post-traumatic and inflammatory-degenerative injuries of organs and systems and their correction" (state registration code 0124U000154).

Results. In rats with stress-associated disorders, myocardial edema, vascular congestion, and isolated lymphohistiocytic infiltration were observed. Some preparations showed fiber disintegration, cardiomyocyte destruction, and blood stasis with sludge formation. Altered tinctorial properties indicated degenerative changes. All lesions were more significant in females, in particular, significant stromal edema and hemodynamic disorders.

Conclusion. Stress-associated morphological changes in the myocardium consist of destruction and edema of cardiomyocytes and intercellular stroma, moderately pronounced lymphohistiocytic infiltration, hemodynamic disorders, and impaired microcirculation. More significant morphological changes were found in females.

Вступ

Останніми роками українці зазнали значних потрясінь, які суттєво вплинули на психічне здоров'я населення. Такі події як участь у масштабних військових діях, вимушене переселення, перебування в окупації, втрата близьких, руйнування домівок, економічна нестабільність створюють сприятливий ґрунт для розвитку стрес-асоційованих розладів (САР) [4, 8]. За даними електронної системи охорони здоров'я у 2023 році кількість пацієнтів із САР зросла майже в чотири рази порівняно з 2021 роком, а за перші два місяці 2024 року діагноз встановлено фактично такої ж кількості пацієнтів, як за весь 2021 рік [1, 8]. Дослідження Всесвітньої організації охорони здоров'я демонструють, що приблизно 9,6 мільйона українців мають підвищений ризик розвитку психічних розладів або страждають на них, а 3,9 мільйона мають помірні або тяжкі симптоми [1, 24]. Отже, проблема стресу та його впливу на організм людини є актуальною [5, 6]. Він впливає як на ментальне, так і на фізичне здоров'я, а також на соціальне благополуччя людини. За даними ВООЗ більше 45% усіх захворювань пов'язані зі стресом [5, 6]. Відомо, що стрес-реакція є необхідною ланкою адаптації організму до факторів довкілля [2, 4],

однак, при збільшенні тривалості та інтенсивності стресових впливів адаптація не виникає, настає пошкодження, що є одним із провідних факторів патогенезу багатьох захворювань [7].

Мета дослідження

Вивчити морфологічний стан міокарда у самців та самок щурів зі стрес-асоційованими розладами, зосереджуючись на статеві-специфічних відмінностях.

Матеріали та методи дослідження

Робота виконана на базі Центральної науково-дослідної лабораторії Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського МОЗ України (свідчення про атестацію № 053/13 від 04.03.2013 р. до 03.03.2018 р., свідоцтво про технічну компетентність № 128/23 від 28.12.2023 р. до 28.09.2028 р.).

Досліди виконано на 40 щурах лінії Вістар різної статі масою 180-200 г, віком 4 місяці. Їх утримували на стандартному харчовому раціоні віварію з вільним доступом до питної води. Щурів розподілили на 4 групи у рівній кількості – контроль самці (I), контроль самки (II), САР, самці (III), САР, самки (IV).

Моделювання САР здійснювали шляхом тривалого стресу, відтвореного двічі з проміжком 7 днів із таким алгоритмом дій: 1. Знерухомлення за допомогою фіксування м'якими лямками спинкою донизу на дерев'яній дошці впродовж 2 годин; 2. Відразу після іммобілізації плавання у воді з температурою 37 °С і висотою стовпа води 40 см тривалістю 20 хвилин; 3. 10-хвилинний відпочинок; 4. Перебування під впливом запаху сечі хижака (для щурів – кота) протягом 20 хвилин; 5. Вплив парів ефіру до розміщення тварини в лежачому положенні на боці. Ця модель спричиняє молекулярні та фізіологічні зміни, наближені до тих, що спостерігаються при САР у людей [1, 4].

За 7 днів до моделювання САР з метою визначення стресостійкості проведено дослідження поведінки щурів за допомогою тесту «відкрите поле». Фіксували такі поведінкові характеристики: кількість пересічених горизонтальних квадратів, кількість вертикальних стійок з опорою та без опори, кількість заглядань у нірки, тривалість грумінгу, кількість дефекацій та уринацій.

На рівень дослідницької активності вказують пересічені горизонтальні квадрати, число обстежених нірок та кількість вертикальних стійок. Інтегральний рівень тривожності оцінювали за кількістю коротких актів грумінгу та числом актів дефекації. Дослідні групи формували з щурів із середньою стресостійкістю.

Забір середньої третини шлуночків серця для морфологічного дослідження проводили за загальноприйнятою методикою [3]. Матеріал фіксували 2–3 дні у 10% розчині нейтрального формаліну з триразовою зміною фіксатора, зневоднювали в спиртах зростаючої концентрації та заливали у парафінові блоки. Мікротомні зрізи товщиною 5 мкм забарвлювали гематоксилін-еозином. Мікроскопічне дослідження препаратів проводили з використанням світлового мікроскопу «Nicon Eclipse Ci» (Японія), із застосуванням об'єктивів x 4, 10, 20 та окуляра x 10. Фотографували препарати камерою Sigeta (Японія).

Забір матеріалу для дослідження здійснювали під тіопенталовим наркозом (50 мг на кг маси тіла тварини). Комісією з питань біоетики Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського МОЗ України (протокол № 80 від 10 січня 2025 р.) порушень етичних норм при проведенні науково-дослідної роботи не виявлено. Дослідження виконували у межах НДР кафедри патологічної фізіології Тернопільського національного медичного університету ім. І.Я.Горбачевського «Дослідження патогенетичних закономірностей розвитку посттравматичних і запально-дегенеративних ушкоджень органів і систем та їх корекція» (шифр держреєстрації 0124U000154).

Результати та їх обговорення

Для порівняльного аналізу змін у серці щурів із САР ми досліджували його структуру також і у контрольних інтактних тварин, які знаходилися на звичайному режимі віварію. При гістологічному

дослідженні міокарда інтактних щурів кардіоміоцити на поздовжніх зрізах мали рівнонаправлене положення. Цитоплазма, як правило, була рівномірно та помірно еозинофільною. Зрідка виявлялися ділянки нерівномірного забарвлення цитоплазми, обумовлені наявністю субсегментарних контрактур кардіоміоцитів – дрібні осередки перескорочення кардіоміоцитів були забарвлені в більш насичений колір, сусідні ділянки перерозтягнення клітин були блідіші. Поперечна посмугованість візуалізувалася добре. Ядра нормохромні, округлої або овальної форми, розміщені поблизу центральної осі кардіоміоцитів. На поперечних зрізах клітини міокарда мали округлий або неправильно округлий вигляд із ядром у центрі. Більшість ядер рівномірно забарвлювалися гематоксиліном, нерідко виявлялися ядра із сублеммальним розміщенням хроматину у вигляді кілець. Строма представлена тонкими прошарками пухкої волокнистої сполучної тканини, в якій знаходяться судини гемомікроциркуляторного русла різного ступеня кровонаповнення із переважанням повнокрів'я капілярів і венул.

Структурна організація серця тварин із САР мала деякі відхилення від описаної у попередній групі щурів. Вони проявлялися вираженим набряком кардіоміоцитів, кровонаповненням судин (рис. 1).

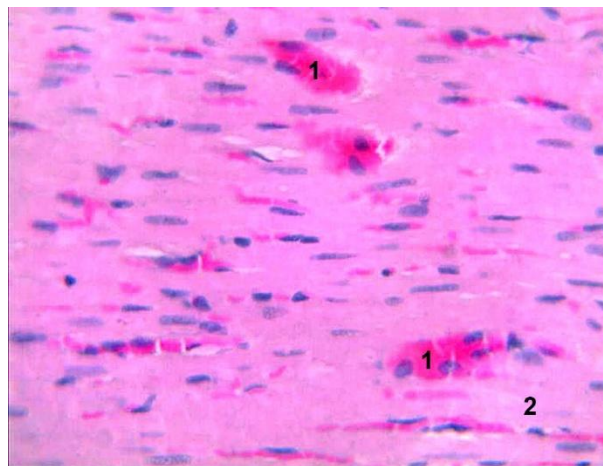


Рис. 1. Фрагмент міокарда самця щура із САР. Кровонаповнення судин (1), деструкція кардіоміоцитів (2). Забарвлення гематоксиліном і еозином x 250

В окремих мікропрепаратах спостерігали помірно виражену лімфогістіоцитарну інфільтрацію, розволокнення окремих волокон кардіоміоцитів (рис. 2).

У деяких препаратах, крім вираженого набряку, була деструкція кардіоміоцитів, стази, деструкція тромбів, сладж-синдром (рис. 3).

Наші дані узгоджуються з даними літератури щодо наслідків впливу стресу на серцево-судинну систему в експерименті. У мишей зі специфічною для серця гіперекспресією ФНП-α розвивається дилатаційна кардіоміопатія, а у собак порушується систолічна та діастолічна функція лівого шлуночка [5]. При стресі індукуються біологічні реакції, які через активацію гіпоталамо-гіпофізарно-адреналової осі призводять до підвищення рівня кортизолу та

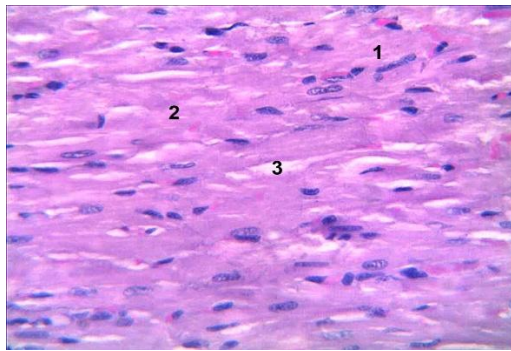


Рис. 2. Фрагмент міокарда самки щура із CAP. Деструкція кардіоміоцитів (1), виражений набряк кардіоміоцитів (2) і міжклітинної стромы (3). Забарвлення гематоксиліном і еозином x 250

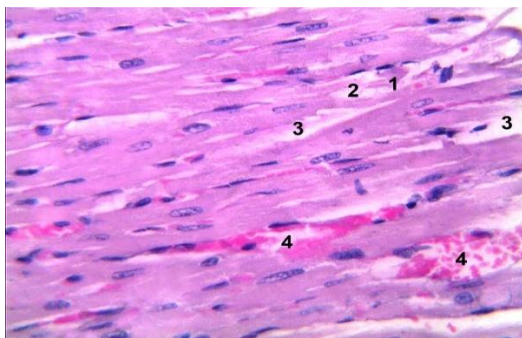


Рис. 3. Фрагмент міокарда самця щура із CAP. Деструкція кардіоміоцитів (1), виражений набряк кардіоміоцитів (2) і стромы (3), внутрішньосудинна сепарація крові (4). Забарвлення гематоксиліном і еозином x 250

прозапальних біомаркерів. При цьому відбувається підвищення реактивності, що проявляється симпатичною активацією, збільшенням частоти серцевих скорочень та артеріального тиску [5]. Виявлені та описані нами зміни можна вважати морфологічними еквівалентами цих функціональних порушень. Вони можуть виникати при будь-яких стресорних впливах малої та середньої інтенсивності, як хронічних, так і гострих. Тобто, така реакція є неспецифічною і може призводити до хвороб адаптації, передчасного старіння організму.

Виявлено зміни тинкторіальних властивостей кардіоміоцитів (рис. 4).

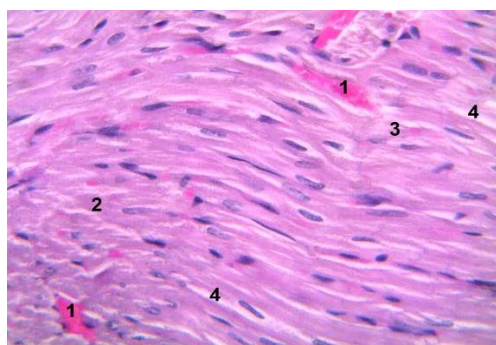


Рис. 4. Фрагмент міокарда самки щура із CAP. Повнокров'я судин (1), деструкція кардіоміоцитів (2), виражений набряк кардіоміоцитів (3) і набряк стромы (4). Забарвлення гематоксиліном і еозином x 250

Висновок

Стрес-асоційовані морфологічні зміни в міокарді щурів полягають у деструкції та набряку кардіоміоцитів і міжклітинної стромы, помірно вираженій лімфогістіоцитарній інфільтрації, гемодинамічних розладах, порушенні мікроциркуляції. Більш суттєві морфологічні зміни виявлено у міокарді самок.

Перспективи подальших досліджень

У перспективі планується вивчення біохімічних показників крові у щурів різної статі за вказаної моделі стресу.

Список літератури

1. Аврамчук О. Клініко-психологічні особливості осіб з ознаками соціально тривожного розладу, який асоціюється з травматичним досвідом. *НейроNEWS*. 2022;2 27–31. doi: 10.26766/pmgp.v6i3.326
2. Бишевец НГ, Андреева ОВ. Влияние стрессогенных факторов на здоровье и поведенческие расстройства студенческой молодежи. *Спортивная медицина, физическая терапия и эрготерапия*. 2024;1:113–22. doi: 10.32652/spmed.2024.1.113-122
3. Луцук ОД, Чайковский ЮБ, редакторы. *Гистология. Цитология. Эмбриология*. Винница: Нова Книга; 2020. 496 с.
4. Денефіль ОВ, Наумова УО, Хархалис ЮЮ. Психологічна адаптація студентів, які постійно перебували в Україні та виїжджали за кордон, під час війни. *Здобутки клінічної і експериментальної медицини*. 2023;1:101–6. doi: 10.11603/1811-2471.2023.v.i1.13724
5. Коваленко ВМ, редактор. *Стрес і серцево-судинні захворювання в умовах воєнного стану*. Київ; 2022. 259 с.
6. Крук ІМ, Григус ІМ. Сучасний погляд на психологічну реабілітацію військовослужбовців з посттравматичним стресовим розладом. *Rehabilitation & Recreation*. 2023;15:50–6. doi: 10.32782/2522-1795.2023.15.6
7. Денефіль ОВ, Мірошник ВА, Чорний СВ, Пелих ВС, Чарнош СМ. Механізми розвитку серцево-судинної патології при посттравматичних стресових розладах. *Перспективи та інновації науки. Серія Педагогіка. Серія Психологія. Серія Медицина*. 2024;12:1631–45. doi: 10.52058/2786-4952-2024-12(46)-1631-1645
8. Чабан ОС, Хаустова ОО. Медико-психологічні наслідки дистресу війни в Україні: що ми очікуємо та що потрібно враховувати при наданні медичної допомоги? *Український медичний часопис*. 2022;4:1–11. doi: 10.32471/umj.1680-3051.150.232297

References

1. Avramchuk O. Kliniko-psykholohichni osoblyvosti osob z oznakamy sotsial'no tryvozhnoho rozladu, yakyi asotsiiuetsia z travmatychnym dosvidom [Clinical and psychological characteristics of individuals with signs of social anxiety disorder associated with traumatic experiences]. *NeiroNEWS*. 2022;2 27–31. doi: 10.26766/pmgp.v6i3.326 (in Ukrainian)
2. Byshevets NG, Andrieieva OV. Vplyv stresohennykh chynnykiv na zdorov'ia ta povedinkovi rozlady students'koi molodi [Influence of stressors on health and behavioral disorders in students]. *Sports medicine, physical therapy and occupational therapy*. 2024;1:113–22. doi: 10.32652/spmed.2024.1.113-122 (in Ukrainian)
3. Lutsyk OD, Chaikovs'kyi YuB, redaktory. *Histolohiia. Tsytolohiia. Embriolohiia* [Histology. Cytology. Embryology]. Vynnytsia: Nova Knyha; 2020. 496 p. (in Ukrainian)

4. Denefil OV, Naumova UO, Kharkhalis YuYu. Psykholohichna adaptatsiia studentiv, yaki postino perebuvaly v Ukraini ta vyizhdzhaly za kordon, pid chas viiny [Psychological adaptation of students who permanently stayed in Ukraine and went abroad during the war]. Achievements of Clinical and Experimental Medicine. 2023;1:101–6. doi: 10.11603/1811-2471.2023.v.i1.13724 (in Ukrainian)
5. Kovalenko VM, redaktor. Stres i sertsevo-sudynni zakhvoriuvannia v umovakh voiennoho stanu [Stress and cardiovascular disease in martial law]. Kyiv; 2022. 259 p. (in Ukrainian)
6. Kruk IM, Grygus IM. Suchasnyi pohliad na psykholohichnu reabilitatsiu viis'kovosluzhbovtiv z postravmatychnym stresovym rozladom [A modern view of psychological rehabilitation of military personnel with post-traumatic stress disorder]. Rehabilitation & Recreation. 2023;15:50–6. doi: 10.32782/2522-1795.2023.15.6 (in Ukrainian)
7. Denefil OV, Miroshnyk VA, Chorniy SV, Pelykh VYe, Charnosh SM. Mekhanizmy rozvytku sertsevo-sudynnoi patolohii pry postravmatychnykh stresovykh rozladakh [Mechanisms of development of cardiovascular pathology in post-traumatic stress disorders]. Prospects and innovations of science. Series Psychology. Series Pedagogy. Series Medicine. 2024;12:1631–45. doi: 10.52058/2786-4952-2024-12(46)-1631-1645 (in Ukrainian)
8. Chaban OS, Khaustova OO. Medyko-psykholohichni naslidky dystresu viiny v Ukraini: scho my ochikuemo ta scho potribno vrakhovuvaty pry nadanni medychnoi dopomohy? [Medical and psychological consequences of war distress in Ukraine: what do we expect and what should be taken into account when providing medical aid?]. Ukrainian Medical Journal. 2022;4:1–11. doi: 10.32471/umj.1680-3051.150.232297 (in Ukrainian)

Відомості про авторів:

Чорній С.В. – здобувач освіти 5 курсу медичного факультету Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського Міністерства охорони здоров'я України, м. Тернопіль, Україна.

E-mail: chornij_sofvol@tdmu.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2718-5191>

Бевзюк І.Ю. – здобувач освіти 6 курсу медичного факультету Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського Міністерства охорони здоров'я України, м. Тернопіль, Україна.

E-mail: bevzyuk_ivayur@tdmu.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-7840-3766>

Мірошник В.А. – здобувач освіти 6 курсу медичного факультету Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського Міністерства охорони здоров'я України, м. Тернопіль, Україна.

E-mail: miroshnyk_vikand@tdmu.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-9195-9537>

Денефіль О.В. – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри патологічної фізіології Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського Міністерства охорони здоров'я України, м. Тернопіль, Україна.

E-mail: denefil@tdmu.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3606-5215>

Небесна З.М. – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри гістології та ембріології Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського Міністерства охорони здоров'я України, м. Тернопіль, Україна.

E-mail: nebesna_zm@tdmu.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6869-0859>

Information about the authors:

Chorniy S.V. – 5th year Medical Student, I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil, Ukraine.

E-mail: chornij_sofvol@tdmu.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2718-5191>

Bevzyuk I.Yu. – 6th year medical student, I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil, Ukraine.

E-mail: bevzyuk_ivayur@tdmu.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-7840-3766>

Miroshnyk V.A. – 6th year medical student, I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil, Ukraine.

E-mail: miroshnyk_vikand@tdmu.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-9195-9537>

Denefil O.V. – MD, Doctor of Medical Science, Professor, Department of Pathological Physiology, I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil, Ukraine.

E-mail: denefil@tdmu.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3606-5215>

Nebesna Z.M. – MD, Doctor of Medical Science, Professor, Department of Histology and Embryology, I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil, Ukraine.

E-mail: nebesna_zm@tdmu.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6869-0859>

Дата першого надходження рукопису до видання: 16.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 06.11.2025

Дата публікації: 25.12.2025

