

PRACA ORYGINALNA
ORIGINAL ARTICLE

УЛЬТРАМІКРОСКОПІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КЛІТИН ТА СУДИН СЕЛЕЗІНКИ (ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ)

ULTRAMICROSCOPIC FEATURES OF CELLS AND VESSELS OF THE SPLEEN (EXPERIMENTAL STUDY)

Леонід П. Горальський¹, Оксана Ф. Дунаєвська¹, Наталія Л. Колеснік¹, Людмила О. Стеченко²,
Наталія Є. Гриневич³, Ростислав Ф. Камінський², Людмила М. Сокурєнко²

¹ ЖИТОМИРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, ЖИТОМИР, УКРАЇНА

² НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ О.О.БОГОМОЛЬЦЯ, КИЇВ, УКРАЇНА

³ БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, БІЛА ЦЕРКВА, УКРАЇНА

Leonid P. Goralsky¹, Oksana F. Dunaievska¹, Nataliia L. Kolesnik¹, Liudmyla A. Stechenko²,
Nataliia E. Grynevych³, Rostyslav F. Kaminsky², Liudmyla M. Sokurenko²

¹ ZHYTOMYR NATIONAL AGROECOLOGICAL UNIVERSITY, ZHYTOMYR, UKRAINE

² O.O. BOGOMOLETS NATIONAL MEDICAL UNIVERSITY, KYIV, UKRAINE

³ BILOTSEKIVSKY NATIONAL AGRARIAN UNIVERSITY, BILA TSEKVA, UKRAINE

РЕЗЮМЕ

Вступ: Селезінка – це багатофункціональний непарний орган, який є біологічним фільтром, однак будова її у експериментальних тварин з'ясована не в повній мірі.

Матеріали та методи: У роботі з'ясовано ультрамікроскопічну будову клітин та судин селезінки на лабораторних тваринах (*Rana lessonae* C – ставкова жаба та *Rana ridibunda* P – озерна жаба).

Результати: Цитопопуляція селезінки сформована лімфоцитами, нейтрофілами, еритроцитами, макрофагами, плазматичними клітинами тощо. Особливістю клітинного складу паренхіми селезінки жаб є значна кількість нейтрофілів еозінофілів. У цитоплазмі клітин містилися органели, характерні для соматичних клітин. Ендотеліальна вистилка та будова базальної мембрани капілярів, яка має вигляд пластини, що утворена з 8-12 ендотеліальних клітин, згрупованих у комплекси і поєднаних між собою адгезивними контактами у зонах злипання, експериментально обґрунтовує соматичний тип ендотелію судин мікроциркуляторного русла. Такі клітини містяться на базальній мембрані, оточені щільним сплетенням колагенових, еластичних волокон та основною речовиною, а місця з'єднання ендотеліоцитів між собою мають неправильні контури. Ядра ендотеліоцитів з усіх сторін оточені цитоплазмою, в якій виявляються піноцитозні міхурці.

Висновки: Отримані результати представляють великий інтерес для еволюційної імуноморфології, екстраполяція на людину яких покращує розуміння мікроциркуляції, транспорту речовин в селезінці та механізмів формування імунної відповіді.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: селезінка, жаби, електронномікроскопічне дослідження, судини, ендотеліоцити

ABSTRACT

Introduction: The spleen is a multifunctional odd organ, which is a biological filter, but its structure in experimental animals is not fully understood.

Materials and methods: The ultramicroscopic structure of the cells and vessels of the spleen of amphibian animals (*Pelophylax lessonae* C. - the pool frog and *Pelophylax ridibundus* P. - the marsh frog) are elucidated in the research.

Results: The cytopopulation of the spleen is formed by lymphocytes, neutrophils, erythrocytes, macrophages, plasma cells etcetera. A feature of the cellular composition of the parenchyma of the spleen of the frogs is a significant number of neutrophilic eosinophils. The organelles, which situated in the cell cytoplasm, are characteristic of somatic cells. The endothelial lining and the structure of the capillary basement membrane, which has the form of a plate, formed from 8-12 endothelial cells, grouped in complexes and adjoining contacts in adjacent zones, are experimentally substantiated by the somatic type of vascular endothelium of the microcirculatory channel. Such cells are contained on the basal membrane, surrounded by a dense interlacing of collagen, elastic fibers and the main substance, and the sites of endothelial cell adhesion have the uneven contours. The nuclei of the endothelial cells are surrounded by a cytoplasm on all sides, which reveals foamy cysts.

Conclusions: The results obtained are of great interest for evolutionary immunomorphology, the extrapolation of which improves understanding of microcirculation, transport of substances in the spleen, and mechanisms for formation of the immune response.

KEY WORDS: spleen, frog, electron microscopic research, blood vessels, endothelial cells

ВСТУП

Фундаментальною проблемою сучасної біології є дослідження закономірностей розвитку, будови та функціонування органів імуногенезу [1]. Важливим органом лімфоцитотворення та імунітету у людини і тварин, являється селезінка. Селезінка – це багатофункціональний непарний орган, який є біологічним фільтром [2, 3]. Вона виконує фільтрацію крові завдяки розгалуженій мережі судин пульпи. Судини селезінки поділяються на артерії, вени, артеріоли, венули, капіляри та анастомози [4, 5]. Їх об'єднує наявність ендотеліального шару. Ендотеліальні клітини селезінки, які формують цей шар, відіграють важливу роль у складному механізмі активації Т-клітин [6]. Крім того, ендотеліоцити, які утворюють внутрішню клітинну оболонку кровоносних і лімфатичних судин, мають гетерогенність за структурою та функціями [7, 8]. Тому, вивчення мікроскопічної будови судин мікроциркуляторного русла селезінки дуже важливе для з'ясування механізму генезу захворювань різної патології, які мають судинне походження [9] та ролі селезінки у серцево-судинній регуляції [10]. Притому, вивчення ендотеліальних контактів дозволить краще зрозуміти патогенез деяких спадкових та інфекційних захворювань [11]. Знання про імунну систему загалом важливе для збереження і відновлення популяцій [12], отримані результати певною мірою екстраполюються на людину та дозволяють краще зрозуміти механізми мікроциркуляції та імунного захисту в селезінці.

Проте, незважаючи на значні досягнення вітчизняних та зарубіжних імуноморфологів у вивченні селезінки у експериментальних тварин, особливості організації системи імунітету повністю не з'ясовані та недостатньо або дещо фрагментарно висвітлені у літературних джерелах.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження було з'ясувати ультрамікроскопічні особливості селезінки на прикладі таких лабораторних тварин як земноводні, які належать до підтипу Хребетних тварин: клас Amphibia – Земноводні (*Rana lessonae* C. – ставкова жаба та *Rana ridibunda* P. – озерна жаба) – клітинного складу та судинного русла.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Матеріалом для дослідження була селезінка, яку відбирали від лабораторних статевозрілих жаб, (озерної – *Rana ridibunda* P. та ставкової – *Rana lessonae* C.), віком 2-3 роки, обох статей (співвідношення самки: самці – 1:1) у фазі морфофункціональної зрілості органу, у кількості 14 проб кожного виду.

Для вивчення загальної характеристики гістологічної будови селезінки, виготовляли серійні парафінові зрізи з наступним фарбуванням їх після депарафінації гематоксиліном та еозином [13].

Для електронномікроскопічного дослідження селезінки матеріал відбирали негайно після розтину черевної

порожнини. Матеріал, після фіксації у 2,5 % розчині глутарового альдегіду на фосфатному буфері з дофіксацією у 1% розчині оксиду осмію (IV) за Колфільдом, зневоднювали у спиртах зростаючої міцності (70 , 80 , 90°, 100°) та ацетоні, заливали у суміш епон-аралдит, згідно із загальноприйнятою методикою [13]. Ультратонкі зрізи виготовляли на ультратомі Reihart, після чого контрастували 2 % розчином уранілацетату і цитратом свинцю та досліджували на електронному мікроскопі ПЕМ-125К при збільшеннях в 4–20 тисяч разів.

Морфометричні дослідження проводили на напівавтоматичному пристрої обробки графічних досліджень за допомогою програми «Органела». При цьому вивчали клітинний склад, його особливості та основні характеристики.

Уся експериментальна частина дослідження була проведена згідно з вимогами міжнародних принципів інструкції «Європейської конвенції щодо захисту хребетних тварин, які використовуються в експерименті та інших наукових цілях» (Страсбург, 1986 р.) та відповідного Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (№ 3447-IV від 21.02.2006 р.).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

За результатами проведеного нами електронномікроскопічного дослідження селезінка має певні особливості ультрамікроскопічної будови та структурної організації цитопопуляції білої та червоної пульпи залежно від типу клітин.

Мікроскопічна будова селезінка жаби сформована строמוю, яка утворена капсулою і трабекулами та паренхімою, що представлена червоною (ЧП) і білою (БП) пульпами, чітка межа між якими у жаб, порівняно з теплокровними тваринами [14], особливо класу Ссавці та людиною, відсутня. Проте, в окремих ділянках гістопрепарату межа між ЧП і БП була сформована подвійним шаром дещо сплюснутих клітин ретикулярної тканини, крізь яку проникали відростки дендритних клітин.

ЧП селезінки в основному складалася з пульпарних тяжів і просторів венозних синусів, заповнених вільними елементами крові. Зі сторони пульпи чітко диференціювались адвентиціальні клітини. Також виявлялись округлої форми проеритроцити з великим округлим світлим ядром, базофільні еритробласти з базофільною цитоплазмою і темним ядром, овальної форми поліхроматофільні еритробласти, ацидофільні еритробласти з темним ядром, еритроцити з паличкоподібним ядром та тромбоцити на різних стадіях дозрівання. Нейтрофільний ряд нараховував мієлобласти, промієлоцити, мієлоцити та метамієлоцити. Наші дослідження не заперечують дані щодо клітинного складу інших науковців [15].

БП селезінки була представлена лімфоїдними вузликами (ЛВ) і тяжами за напрямком пульпарних артерій – періартеріальними лімфоїдними півхами. Цитопопуляція БП була сформована великими і малими лім-

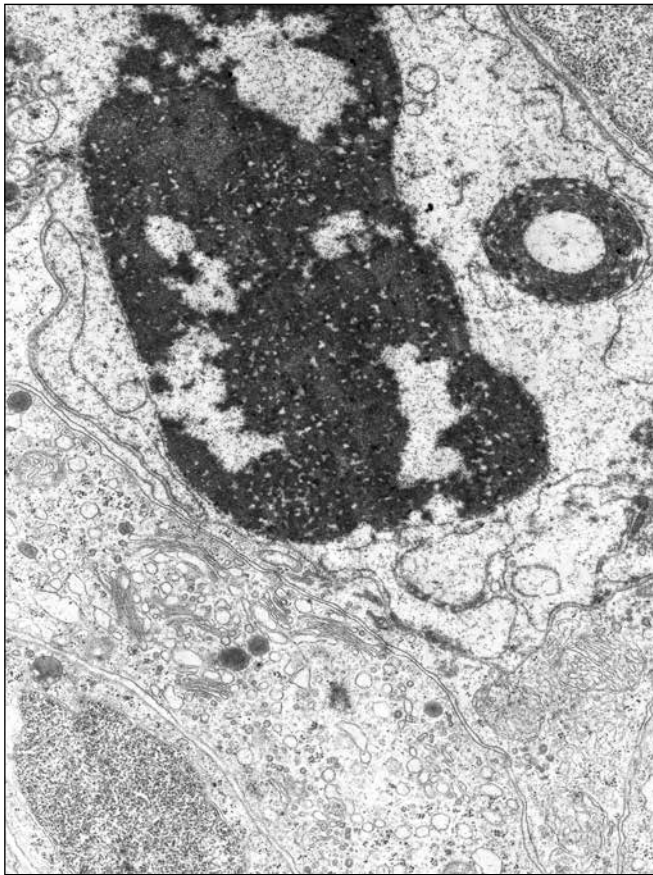


Рис. 1. Ультрамiкроскопiчна будова макрофага селезiнки жаби озерної:

- 1 – цитоплазма;
 - 2 – ядро;
 - 3 – апоптозне тiльце.
- ×6000.

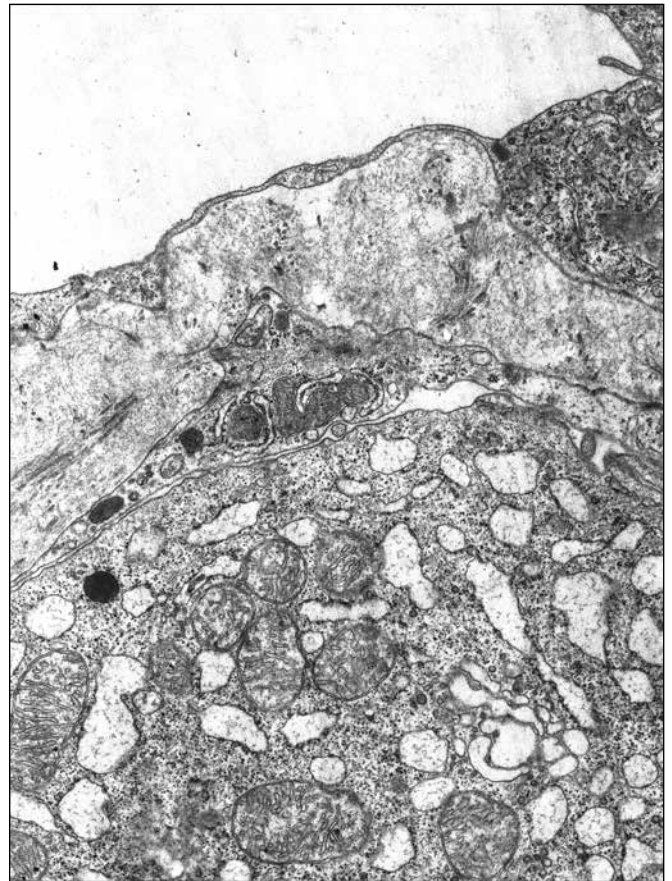


Рис. 2. Фрагмент ультрамiкроскопiчної будови лiмфатичного капiляра селезiнки жаби озерної:

- 1 – ендотелiй;
 - 2 – ендотелiоцит;
 - 3 – плазматична клiтина.
- ×5000.

фоцитами, ретикулярними клітинами, одноядерними і багатоядерними макрофагами, які містили включення гемосидерину внаслідок руйнування еритроцитів. Інколи між клітинами ЛВ зустрічаються мієлоїдні елементи та еозинофільні лейкоцити. Особливістю БП селезінки жаб було щільне розташування у ній клітин і волокон та наявність дендритних макрофагів, а в центральній зоні селезінки, навколо великих судин (вени, артерії), наявність скупчень макрофагів.

В пульпі органу часто виявлялись численні судини, заповнені форменими елементами крові. Останні в ретикулярній тканині селезінки мали хаотичне розташування і знаходились на різних ступенях зрілості.

За результатами електронномікроскопічних досліджень у цитоплазмі клітин паренхіми селезінки жаби озерної виявлялись органели, характерні для соматичних клітин. Серед таких мембранних органел містилась значна кількість лізосом, які мали вигляд пухирців. На місці контакту лізосоми і фагосоми утворювалась вторинна лізосома, в якій відбувалось перетравлення ферментами матеріалу, що потрапляв у клітину завдяки фагосомам. В результаті утворюва-

лось залишкове тільце, частіше неправильної форми, яке сформоване вторинними або первинними лізосомами.

У цитоплазмі нейтрофілів виявлялась значна кількість гранул. В окремих таких клітинах, внаслідок лізису їх плазматичної мембрани, вміст цитоплазми разом з дрібними гранулами, потрапляв у просвіт венозних синусів. У цитоплазмі макрофагів часто виявлялись аутофагосоми, мітосоми, фагосоми, залишкові та апоптозні тільця (рис. 1). Аутофагосоми відмежовані подвійною мембраною, утворені ендоплазматичною сіткою і, зазвичай, в них виявляли аномальні білки. Крім того, виявляли велику кількість первинних лізосом, що мали неактивовані ферменти.

Апоптозні тільця, як правило, утворювались у результаті деструктивних процесів. Притому, часто на поверхні апоптичної клітини з'являлась велика кількість пухирців. У великих клітин такі пухирці розпадались на оточені залишками мембрани фрагменти – апоптозні тільця, у яких інтенсивність забарвлення мітохондрій знижувалась. Після такої морфологічної перебудови клітин у апоптозні тільця, останні у свій



Рис. 3. Фрагмент ультрамікроскопічної будови кровоносного капіляра селезінки жаби озерної:

- 1 – просвіт капіляра;
 - 2 – ендотелій;
 - 3 – лімфоцит;
 - 4 – ендотеліоцит.
- ×4000.

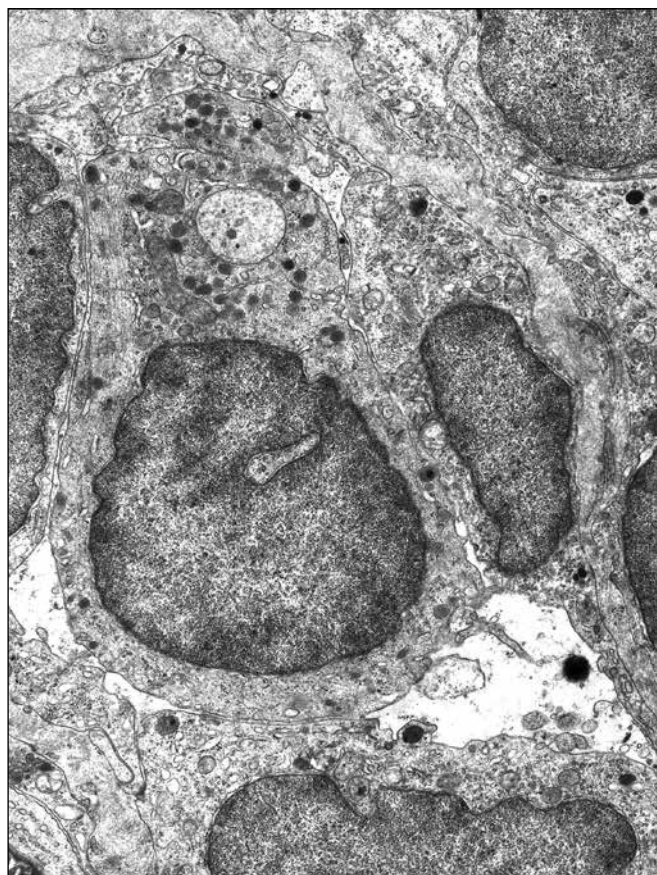


Рис. 4. Фрагмент ультрамікроскопічної будови посткапілярної венули селезінки жаби озерної:

- 1 – контакт;
 - 2 – просвіт венули;
 - 3 – фагосома;
 - 4 – секреторні гранули.
- ×4000.

будові містили залишки органел, цитоплазми, хроматину, цитолемі.

У пульпі селезінки також виявляється значна кількість вільних клітин крові, серед яких еритроцити та лейкоцити, зокрема зернисті. Нейтрофіли характеризувались великою площею цитоплазми, яка насичена гранулами. Проте цитоплазма таких клітин не містила повного набору звичайних органел: у ній частіше виявлялась невелика кількість мітохондрій і слабо розвинений апарат Гольджі. Особливістю ультрамікроскопічної будови лімфобластів є те, що їх ядра не мали чітко контурованих великих ядерців.

У цитоструктурі лімфоїдної тканини пульпи селезінки знаходились і плазматичні клітини. Вони мали округлу форму, ексцентрично розташоване ядро та значну за площею цитоплазму.

Великий інтерес при ультрамікроскопічному дослідженні селезінки викликає структурна організація кровоносних судин. Відомо, що БП селезінки розміщена вздовж артерій, які вийшли із трабекул. У місцях, де оболонка артерії розширюється і утворюються ЛВ,

артерія розгалужується для трофіки самого вузлика. Такі гілки деякі автори називають вузликowymi артеріями, які знову галузяться на ланки гемомікроциркуляторного русла, потім виходять із вузлика у ЧП і знову діляться на 2-5 гілок, що прямують у різні напрямки і називаються китичковими артеріолами, які закінчуються еліпсоїдними капілярами [16, с. 242].

З літературних джерел відомо, що ендотелій венозних синусів селезінки відноситься до ендотеліїв синусоїдного типу [17], що співпадає практично з результатами наших досліджень. Проте, у кровоносних капілярах БП селезінки, як і у інших судинах мікроциркуляторного русла, за результатами наших електронномікроскопічних досліджень, ендотелій судин відноситься до соматичного типу (тобто неперервний). Так, ультрамікроскопічна будова ендотеліальної вистилки та базальної мембрани капілярів, яка має вигляд пластини, що утворена з 8-12 ендотеліальних клітин, згрупованих у комплекси, ендотеліоцити яких поєднаними між собою адгезивними контактами у зонах злипання (zonula adhaerens), свідчить про соматич-

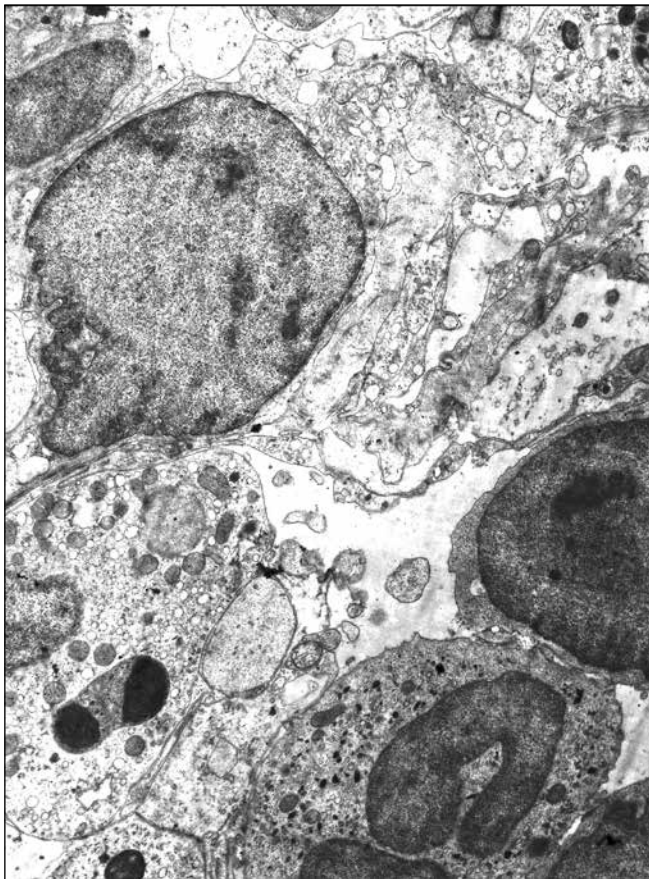


Рис. 5. Фрагмент ультрамікроскопічної будови клітин селезінки жаби ставкової:

1 – макрофаг;
2 – нейтрофіл;
3 – лімфоцит.
×3000.

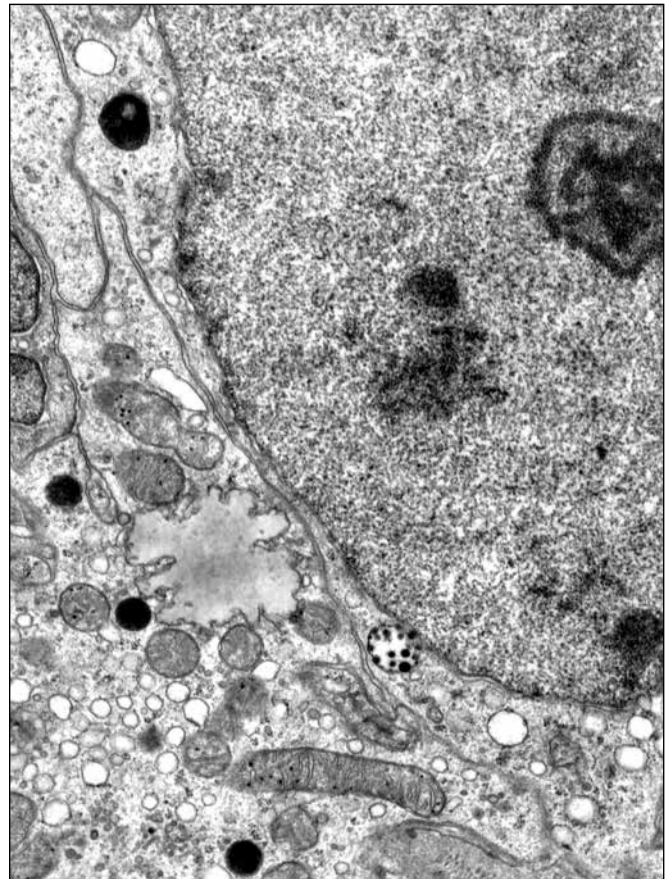


Рис. 6. Фрагмент ультрамікроскопічної будови лімфоцита селезінки жаби ставкової: 1 – лімфоцит;

2 – ядро;
3 – ядерце;
4 – жирові вclusions.
×8000.

ний тип ендотелію судин мікроциркуляторного русла. Такі клітини містяться на базальній мембрані, оточені щільним сплетенням колагенових, еластичних волокон та основною речовиною, де розміщені поодинокі міоцити, значна кількість макрофагів і лімфоцитів.

Притому, ендотелій кровоносних та лімфатичних капілярів (рис. 2; 3; 4) має вигляд тонкої пластинки, що складається з ендотеліальних клітин з овальним ядром. Місця з'єднання ендотеліоцитів між собою мають неправильні контури. Зона злипання ендотеліоцитів у лімфатичних капілярах становить 1,4–1,8 мкм. Ядра таких клітин з усіх сторін оточені цитоплазмою, в якій виявляються піноцитозні міхурці.

Лімфатичні капіляри, за результатами ультрамікроскопічних досліджень, характеризуються витонщенням ендотеліального шару, що утримується еластичними, колагеновими волокнами та основною речовиною, у безпосередній близькості до якого знаходяться форменні елементи крові.

Кровоносні капіляри мають значно менші розміри і вистелені товстішим шаром ендотеліоцитів, який

має контакти, характерні соматичним капілярам. До того ж, за результатами наших досліджень, встановлено, що у периферичних зонах клітинної мембрани ендотеліоцитів, міститься невелика кількість мікропіноцитозних пухирців, що може свідчити, на наш погляд, про менше активний трансендотеліальний транспорт речовин.

Капіляри у венозному напрямку, як правило, переходять в посткапілярні венули, для яких характерною ознакою є збільшення кількості перицитів. За своєю будовою венули характеризуються чітко вираженою зовнішньою оболонкою, що складається в основному з фіброblastів і колагенових волокон. Притому, посткапілярні вени мають високий ендотелій, з'єднаний як простими, так і фокальними контактами вздовж контактуючих поверхонь ендотеліоцитів.

Таким чином, кровоносні капіляри селезінки мають значно менші розміри і вистелені товстішим ендотелієм, ніж у лімфатичних, який має контакти притаманні соматичним капілярам. До того ж, їх периферичні зони містять невелику кількість мікропіноцитозних пухирців.

Очевидно, тут переважає парацелюлярний транспорт, який здійснюється через контакти ендотеліоцитів.

Аналіз ультраструктурної організації селезінки ставкової жаби свідчить, що її ультрамікроскопічна будова подібна до такої, як у жаби озерної. У цитопопуляції пульпи селезінки виявлялась значна кількість лімфоцитів, нейтрофілів та макрофагів (рис. 5, 6). Притому, у паренхімі селезінки містилась значна кількість нейтрофільних еозинофілів, які поглинали апоптозні тільця довколишніх клітин і виконували таким чином функцію макрофагів. У цитоплазмі еозинофілів знаходилась значна кількість мітохондрій, слабозвинений апарат Гольджі та вуглеводні включення у вигляді гранул глікогену.

Ретикулярні волокна, між якими була розміщена значна кількість ретикулярних клітин, поступово переходили в колагенові волокна трабекул. Відростки ретикулярних клітин утворювали сітку, в комірках якої містилися тканинна рідина та окремі клітини: лімфоцити, макрофаги, ретикулоцити тощо.

За результатами ультрамікроскопічної характеристики, макрофаги мали неправильну форму та нерівні края (рис. 5), що зумовлено наявністю складок на їх поверхні та відростків. У цитоплазмі таких клітин виявлялися фагосоми, лізосоми та слабо розвинений ендоплазматичний ретикулум. Лізосоми часто розташовувалися групами поблизу фагосом. Необхідно відмітити, що у більшості випадків макрофаги були переповнені продуктами аутолізу (аутофагосомами, мітосомами, фагосомами, залишковими тільцями), а у нейтрофілах виявлялись апоптозні тільця. Притому, у цитоплазмі лімфоцитів знаходилась велика кількість рибосом та полісом, поодинокі мітохондрії. Ядра були світло забарвлені та містили у своїй будові активну форму ядерного хроматину – еухроматин.

Крім того, у цитоплазмі клітин пульпи селезінки жаби ставкової, порівняно з такими у жаби озерної, частіше виявлялись жирові включення (рис. 6). Найбільша локалізація таких включень відмічалась у ретикулярних клітинах та у макрофагах. Зростання кількості жирових включень у цитоплазмі клітин відбувалось одночасно із збільшенням каналців незернистої ендоплазматичної сітки.

Характерною особливістю судин мікроциркуляторного русла селезінки жаби ставкової, а саме посткапілярних венул, є те, що їх внутрішня стінка вистелена лише одним шаром ендотеліальних клітин, розміщених на базальній мембрані уздовж судинної стінки. Такі клітини мали видовжену, дещо сплюснуту форму. Їх цитоплазма формувала незначні випинання в ділянці ядра та набувала вигляду цитоплазматичних, відокремлених один від одного, відростків, відстані між якими називають поздовжніми щілинами. Ендотеліоцити часто контактували з ретикулярними волокнами, які сполучались з базальною мембраною, утворюючи навколо клітин своєрідне ложе у вигляді обручки. У ендотелії посткапілярних венул також виявлялась велика кількість лізосом на різних стадіях формування: від первинних до залишкових тілець.

ВИСНОВКИ

1. Цитопопуляція пульпи селезінки жаб характеризується значною кількістю лімфоцитів, нейтрофілів, еритроцитів, макрофагів, ретикулоцитів, плазмочитів, моноцитів, мієлоїдних клітин. У паренхімі селезінки виявляється значна кількість нейтрофільних еозинофілів, які поглинають апоптозні тільця навколишніх клітин і виконують функцію макрофагів.
2. Ультрамікроскопічна будова ендотеліальної вистилки та базальної мембрани капілярів має вигляд пластини, що утворена з 8-12 ендотеліальних клітин згрупованих у комплекси, ендотеліоцити яких поєднані між собою адгезивними контактами у зонах злипання, беззаперечно вказує на соматичний тип ендотелію судин мікроциркуляторного русла.
3. Отримані результати представляють великий інтерес для еволюційної імунотоморфології, екстраполяція на людину яких покращує розуміння мікроциркуляції, транспорту речовин в селезінці та механізмів формування імунної відповіді.

REFERENCES

1. Panikar I.L., Goralsky L.P., Kolesnik N.L. Morphology and immunohistochemistry of pigs immunogenesis organs during postnatal adaptation: monograph. Poltava 2015; 258 c.
2. Atlas of the spleen (species characteristics in humans and mammals): monograph. N.S. Fedorovskaya and others. Kirov: Overs. 2011; 134 c.
3. Bronte V., Pittet M. J. The spleen in local and systemic regulation of immunity. *Immunity*. 2013; 39(5): 806–18. doi:10.1016/j.immuni.2013.10.010.
4. Kolisnik IL, Shevtsev O., Kulish VP, Polyakova A.I. Macromoscopic anatomy of the spleen vessels. *Actual questions of medical science and practice*. 2015; 82(2): 149–57. URL: <http://repo.knmu.edu.ua/handle/123456789/10039>
5. Pearce J.M.S. Malpighi and the Discovery of Capillaries. *Eur Neurol*. 2007; 58: 253–255 DOI: 10.1159/000107974
6. Jonathan K.H. Tan, Pravin Periasamy, Helen C. O'Neill. Delineation of precursors in murine spleen that develop in contact with splenic endothelium to give novel dendritic-like cells *BLOOD*. 2010; 115(18): 3678-85 doi:10.1182/blood-2009-06-227108
7. Lunatic and Manic Fringe Cooperatively Enhance Marginal Zone B Cell Precursor Competition for Delta-like 1 in Splenic Endothelial. *Niches* Joanne B. Tan et al. *Immunity* 2009; 30: 254–63. DOI 10.1016/j.immuni.2008.12.016
8. William C. Aird Phenotypic Heterogeneity of the Endothelium I. Structure, Function, and Mechanisms *Circ Res*. 2007; 100: 158-173. DOI: 10.1161/01.RES.0000255691.76142.4a
9. Sclerosing angiomatoid nodular transformation (SANT) of spleen: a case report describing cytology, histology, immunoprofile and differential diagnosis S. O'nder et al. *Cytopathology*. 2012 Apr;23(2):129-32. DOI:10.1111/j.1365-2303.2011.00901.x
10. Hamsa S.M., Kaufman S. Role of spleen in integrated control of splanchnic vascular tone: physiology and pathophysiology. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 2009; 87: 1-7. DOI: 10.1139/Y08-103.
11. The sensing of poorly deformable red blood cells by the human spleen can be mimicked in vitro Guillaume Deplaine et al. *BLOOD*. 2011; 117(8): e88-e95. doi:10.1182/blood-2010-10-312801

12. Savagea AE, Kiemnec-Tyburczyk KM, Ellisonb KM, Fleischer RC, Zamudio KR. Conservation and divergence in the frog immunome: pyrosequencing and de novo assembly of immune tissue transcriptomes. *Gene*. 2014; 542 (2): 98–108. doi.org/10.1016/j.gene.2014.03.051.
13. Goralsky L.P., Khomych V.T., Kononsky O.I. Fundamentals of histological technology and morphofunctional methods of research in norm and pathology: teaching. manual. Zhitomir: Polissya. 2016; 288 с.
14. Dunaevskaya O.F. Morphological features of the spleen of warm-blooded animals. *Biological Gazette of Bogdan Khmelnytsky MDPU. Melitopol*. 2016; 6 (3): 399-406.
15. Bricker N.K., Raskin R.E. Densmore C.L. Cytochemical and immunocytochemical characterization of blood cells and immunohistochemical analysis of spleen cells from 2 species of frog, *Rana (Aquarana) catesbeiana* and *Xenopus laevis*. *Veterinary Clinical Pathology*. 2012; 41(3): 353–61. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1939>
16. Ham A., Cormak D. M. *Histology*. M.: World. 1983; (3): 236-52.
17. Vascular endothelium. Ed. V.V. Kupriyanov, I.I. Bobryk, Ya. L. Karaganov. K.: Health. 1986; 248 с.

Виконане дослідження є частиною наукової тематики кафедри анатомії і гістології факультету ветеринарної медицини Житомирського національного агроекологічного університету «Розвиток, морфологія та гістохімія органів тварин у нормі та при патології», № державної реєстрації 0113V000900.

Вклад авторів:

В порядку черговості авторства.

Конфлікт інтересів:

Автори не заявляють про конфлікт інтересів.

АВТОР ДО КОРЕСПОНДЕНЦІЇ

Оксана Дунаєвська

Житомирський національний агроекологічний університет

Житомир, Україна

тел: +380444544989

e-mail: oksana_fd@ukr.net

Надіслано: 15.04.2018

Затверджено: 20.07.2018