

Features of spleen morphology in fish

T. Kot  | V. Kovalchuk

Article info

Correspondence Author

T. Kot

E-mail:

tkotvet@ukr.netPolissia National University,
Staryi Blvd., 7, Zhytomyr,
10008, Ukraine**Citation:** Kot, T., & Kovalchuk, V. (2025). Features of spleen morphology in fish. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 222–227. doi: 10.31210/spi2025.28.01.34

The spleen refers to the peripheral organs of hematopoiesis and immune protection of fish. It performs depository, hematopoietic, immune and filtration functions. One of the most pressing problems of ichthyomorphology, veterinary and fish farming practice is the study of the structure of the spleen at the macro- and microscopic level. However, modern studies on the morphology of the spleen of fish are mainly devoted to the features of pathological changes in infectious and invasive diseases, with the influence of unfavorable factors of the natural environment, conditions of maintenance, and anthropogenic load. The purpose of the work is to conduct a scientific review to study the morphology of the spleen of fish in normal condition. Electronic search for publications has been conducted in the web of Science, Scopus, PubMed, and Google Scholar databases, mainly over the past 20 years. The principles of objectivity and a comprehensive attitude to the study of the chosen problem are used. The authors of the review article reviewed modern scientific literature and summarized current knowledge on the peculiarities of spleen morphology in fish. The anatomical structure of the fish spleen is presented with an emphasis on its topography, shape, color, weight and size. According to the description of the microscopic structure of the fish spleen, the main structural components of its stroma and parenchyma are characterized. The microscopic structure of the capsule and trabeculae of the spleen stroma is presented, which, according to modern morphological studies, together with the reticular framework of the red pulp, lymphoid nodes and vaginal membranes of the vessels, belong to the musculoskeletal apparatus of the spleen. Microscopic structure of structural components of the white pulp of the spleen (lymphoid nodules, periarterial lymphoid vaginas, perielipsoid lymphoid vaginas or ellipsoids) with analysis of their morphometric parameters is described. Features of the bloodstream (arterioles, capillaries, venous sinuses or sinusoids) are presented by describing the structure of the red pulp of the spleen. Information about the microscopic structure and specifics of the placement of melanoma-macrophage centers in the parenchyma of the fish spleen is detailed. In general, the presented anatomical features of the fish spleen are relevant for the comparative anatomy of fish of different classes. Data on the microscopic structure of structural components of white and red fish spleen pulp are of practical importance for assessing the morphofunctional state of fish, which is important for scientific justification of fish growth technologies and mastering the mechanisms of development of spleen diseases. Morphometric parameters of the spleen can serve as a theoretical basis for developing a normal spleen test system to detect morphometric changes due to environmental factors.

Keywords: fish body, spleen, anatomical and microscopic structure, red and white pulp, morphometric parameters.

Особливості морфології селезінки риб

Т. Ф. Кот | В. В. Ковальчук

Поліський національний
університет,
м. Житомир, Україна

Селезінка належить до периферичних органів кровотворення та імунного захисту риб. Вона виконує депонувальну, кровотворну, імунну та фільтраційну функції. Однією з актуальних проблем іхтіоморфології, ветеринарної та рибогосподарської практики є вивчення будови селезінки на макро- і мікроскопічному рівні. Проте сучасні дослідження з морфології селезінки риб присвячені, переважно, особливостям патологічних змін за інфекційних та інвазивних захворювань, за впливу несприятливих факторів природного середовища, умов утримання, антропогенного навантаження. Мета роботи – провести науковий огляд з вивчення морфології селезінки риб в нормі. Електронний пошук публікацій проведено в базах даних Web of Science, Scopus, PubMed та Google Scholar, переважно, за останні 20 років. Використано принципи об'єктивності та комплексного ставлення до вивчення обраної проблеми. Авторами оглядової статті розглянуто сучасну наукову літературу та узагальнено поточні знання з особливостей морфології селезінки риб. Анатомічну будову селезінки риб представлено з акцентом на її топографію, форму, колір, масу і розміри. За опису мікроскопічної будови селезінки риб охарактеризовано основні структурні компоненти її строми та паренхіми. Подано мікроскопічну будову капсули і трабекул строми селезінки, які за сучасними морфологічними дослідженнями разом з ретикулярним каркасом червоної пульпи, лімфоїдних вузликів та піхвових оболонок судин відносять до опорно-скоротливого апарату селезінки. Описано мікроскопічну будову структурних компонентів білої пульпи селезінки (лімфоїдних вузликів, періартеріальних лімфоїдних піхв, періеліпсоїдних лімфоїдних піхв або еліпсоїдів) з аналізом їх морфометричних показників. Особливості кровоносного русла (артеріол, капілярів, венозних синусів або синусоїдів) представлено за опису будови червоної пульпи селезінки. Деталізовано відомості про мікроскопічну будову та специфіку розміщення мелано-макрофагальних центрів у паренхімі селезінки риб. Загалом представлені анатомічні особливості селезінки риб актуальні для порівняльної анатомії риб різних класів. Дані з мікроскопічної будови структурних компонентів білої та червоної пульпи селезінки риб мають практичне значення для оцінки морфофункціонального стану риб, що важливо для наукового обґрунтування технологій вирощування риб і опанування механізмів розвитку захворювань селезінки. Морфометричні показники селезінки можуть слугувати теоретичним підґрунтям для розробки тест-системи селезінки в нормі для виявлення морфометричних змін за дії факторів навколишнього середовища.

Ключові слова: організм риб, селезінка, анатомічна і мікроскопічна будова, червона і біла пульпа, морфометричні показники.

Бібліографічний опис для цитування: Кот Т. Ф., Ковальчук В. В. Особливості морфології селезінки риб. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 222–227.

Риби (Pisces) – найбільш численний клас хребетних тварин, який включає близько 30 тис. прісноводних та морських видів. Висока морфологічна і екологічна різноманітність риб обумовлена варіабельністю форм, розмірів та забарвлення їх тіла, будови внутрішніх органів, способів життя [3, 21, 32, 41].

Риби, як унікальний продукт за поживними речовинами, біологічною цінністю, рентабельністю виробництва та попитом на споживчому ринку, є важливою складовою раціону людини [22]. У період стрімкого розвитку рибної промисловості та забруднення навколишнього середовища для оцінки еколого-токсикологічної ситуації і визначення впливу різних несприятливих факторів на гідробіоти водного середовища необхідно проведення морфологічного дослідження риб, зокрема їх органів, які зазнають первинного негативного впливу [1, 31].

Селезінка належить до периферичних органів кровотворення та імунного захисту хребетних [14]. Паренхіма селезінки представлена білою і червоною пульпою, які у риб виконують різні функції – депонування крові; гемопоєз, переважно еритропоєтичний; ініціювання імунних реакцій на антигени, що передаються кров'ю; фільтрація крові від сторонніх речовин і пошкоджених або завершивших свій життєвий цикл еритроцитів [39]. Вивчення морфології селезінки риб є актуальною проблемою їхтіології, порівняльної морфології, ветеринарної та рибогосподарської практики. Проте сучасні дослідження з морфології селезінки риб присвячені, в основному, вивченню особливостей патоморфологічних змін селезінки за інфекційних та інвазивних захворювань, а також за впливу несприятливих факторів природного середовища, умов утримання, антропогенного навантаження [4, 19].

Для проведення аналізу морфології селезінки риб здійснено електронний пошук наукових публікацій у базах даних Web of Science, Scopus, PubMed та Google Scholar. За пошуку використано такі ключові терміни: «організм риб», «селезінка», «анатомічна і мікроскопічна будова», «морфометричні показники». Пошукова стратегія включала різні комбінації цих термінів. Для забезпечення актуальності аналізу враховувало лише наукові роботи, опубліковані українською та англійською мовами упродовж останніх 20 років. Дослідження базувалося на принципах об'єктивності та комплексного підходу до вивчення морфологічних особливостей селезінки риб.

Топографія селезінки. Селезінка у риб більшості видів розміщується на вигині шлунка або біля кишкового [7, 15, 16], зокрема у геофагуса бразильського (*Geophagus brasiliensis*), гіпостомуса (*Hypostomus francisci*) і риби-вовка (*Hoplias malabaricus*) – вентрально плавального міхура [38], у риби даніо (*Danio rerio*), молоплавникової молінезії (*Poecilia sphenops*) і нільської теляпії (*Oreochromis niloticus*) – біля печінки [29, 39, 46].

Форма і колір селезінки. У риб різних видів форма і колір селезінки різняться. Zapata (2024) зазначає, що селезінка акул (*Selachimorpha*) подовжена, тоді як у скатів (*Batomorphi*) округлої форми [47]. Є дані, що у бурого протоптера (*Protopterus annectens*) селезінка паличкоподібної форми [16, 17], нільської

теляпії (*Oreochromis niloticus*) – язикоподібної [46], сома європейського (*Silurus Glanis*) – трикутно-видовженої або трапецієподібно-видовженої [7], геофагуса бразильського (*Geophagus brasiliensis*) – веретенподібної, гіпостомуса (*Hypostomus francisci*) – подовженої і риби-вовка (*Hoplias malabaricus*) – трикутної форми [38]. Щодо кольору селезінки, у риб більшості видів вона темно-червона або червоно-коричнева [7, 25, 34, 38].

Маса і розміри селезінки. Морфометричними дослідженнями встановлено, що абсолютна маса селезінки сома європейського (*Silurus Glanis*) дорівнює 1,71 г, товщина – 0,61 см, довжина – 2,22 см і ширина – 1,71 см [6]. У нільської теляпії (*Oreochromis niloticus*) абсолютна маса селезінки варіює від 0,07 до 0,25 г [46]. Щодо відносної маси селезінки, у чорноморських риб багатьох видів цей показник знаходиться у межах від 0,072 (морський йорж) до 0,712 % (морський кіт). У коропа звичайного (*Cyprinus carpio*) відносна маса селезінки становить 0,22 %, у звичайної плітки (*Rutilus rutilus*) – 0,30 %, окуня річного (*Perca fluviatilis*) – 1,13 %, звичайної щуки (*Esox lucius*) – 0,13 %, миня річкового (*Lota lota*) – 0,10 %, харіуса європейського (*Thymallus thymallus*) – 0,18 %, нільської теляпії (*Oreochromis niloticus*) – 0,84–0,89 % [7].

Мікроскопічна будова селезінки. Селезінка риб побудована за типом паренхіматозного органу, утворена стромою і паренхімою. Строма представлена капсулою і трабекулами, які побудовані з щільної волокнистої сполучної тканини. В останній містяться гладкі м'язові клітини, колагенові та еластичні волокна. У зв'язку з цим, окремі вчені [7, 16, 38] строму селезінки риб називають м'язово-скоротливим апаратом. У сома європейського (*Silurus glanis*) відносна площа опорно-скоротливого апарату селезінки дорівнює 7,04 %, а співвідношення опорно-скоротливого апарату до паренхіми селезінки – 1 : 13,2 [7].

Згідно із сучасними морфологічними дослідженнями, до опорно-скоротливого апарату, який включає капсулу і трабекули, відносять і ретикулярний каркас червоної пульпи, лімфатичних вузликів та півхвові оболонки судин. Тому сполучнотканинну основу селезінки відносять до багаторівневої функціональної імунотективної системи [7]. Строма виконує опорну, фіксуючу та амортизаційну функції. У сполучнотканинній стромі галузяться кровоносні судини, які забезпечують обмін речовин, доставку судинним руслом поживних речовин та транспорт продуктів метаболізму [7, 18].

Капсула селезінки. Капсула вкриває ззовні селезінку риб. Місцями вона зрослена з очеревиною [6, 34, 38]. У нільської теляпії (*Oreochromis niloticus*) капсула селезінки завтовшки 2,6 мкм, складається з одного шару плоских мезотеліальних клітин і сполучної тканини [46]. Є дані про нерівномірне потовщення капсули у різних ділянках селезінки сома європейського (*Silurus glanis*), зокрема найбільша її товщина реєструється у ділянці воріт селезінки – 21,85 мкм [7]. Reebook et al. (2011) виявлено відмінності товщини капсули селезінки охридської форелі (*Ohrid trout*) упродовж статевого циклу. У нерестових і після-нерестових риб її товщина більша на 29,7 мкм,

порівняно з таким показником у риб на стадії вітелогенезу (10,9 мкм) [34]. За даними Mahabady et al. (2012), капсула селезінки у лівантійського усаца (*Barbus pectoralis*) складається з одного шару плоских і кубоподібних епітеліоцитів і невеликої кількості секреторних клітин.

Трабекули селезінки. У геофагуса бразильського (*Geophagus brasiliensis*), гіпостомуса (*Hypostomus francisci*) і риби-вовка (*Hoplias malabaricus*) капсула селезінки представлена простим кубічним епітелієм і тонкою сполучною тканиною, з якої виникають трабекули, які поширюються в паренхіму органа [38]. Окремі дослідники [8, 34] не реєстрували трабекули у селезінці охридської форелі (*Ohrid trout*) і риб нотобранхіусів (*Nothobranchius*).

Трабекули диференціюються на судинні, сполучні і радіальні. Радіальні трабекули відходять від внутрішньої поверхні капсули радіально вглиб органу. Судинні трабекули містять у собі артерії, вени, нерви і входять у паренхіму в ділянці воріт селезінки. Сполучні трабекули не містять судин і відходять латерально від судинних. При цьому більшість трабекул мають видовжену форму [7].

У нільської теляпії (*Oreochromis niloticus*) колагенові волокна становлять 7,7–14,3 % усієї площі селезінки, більшість з яких поширюється в селезінкових трабекулах, а деякі з них оточують селезінкову артерію та вену. Навпаки, ретикулярні волокна становлять 11,4–18,8 % усієї площі, яка поширюється по всій селезінці. Приблизно 5,7–9,9 % ретикулярних волокон, оточують всередині та зовні ендотеліоцити еліпсоїдних капілярів [46].

У сома європейського (*Silurus glanis*) довжина сполучних трабекул коливається від 37,5 до 162,5 мкм, ширина – від 17,5 мкм до 90 мкм. Діаметр сполучних трабекул селезінки становить 28,75 мкм. Найбільшого розвитку досягають судинні трабекули. Їх довжина та ширина коливаються в значних межах: довжина – від 32,5 до 1275 мкм; ширина – від 15 до 367,5 мкм. Радіальні трабекули не розвинені [7].

Паренхіма селезінки. Паренхіму селезінки називають пульпою. У риб вона знаходиться між складовим сполучнотканинної стромою селезінки й утворена ретикулярною тканиною. Пульпу селезінки поділяють на білу та червону [7, 16, 34, 38]. Більшість авторів [7, 46] стверджують, що для хрящових риб (*Chondrichthyes*) характерна чітка диференціація паренхіми селезінки на білу і червону пульпу. Селезінка кісткових риб (*Osteichthyes*) представлена червоною пульпою, в якій містяться окремі лімфоїдні скупчення або червона і біла пульпи змішані без маргінальних ділянок.

За даними Yang et al. (2021), при фарбуванні селезінки нільської теляпії (*Oreochromis niloticus*) гематоксином та еозином на фоні відсутності чіткої межі між червоною і білою пульпою органу виділяється три шари: зовнішній – світло-блакитного кольору, середній шар – темно-синього кольору і внутрішній шар – світло-блакитного кольору. Зовнішня зона представлена такими структурами, як капсула, трабекули, мікровенули, незначна кількість еритроцитів та лімфоцитів, поодинокі меланомакрофагальні центри. Середня зона представлена

червоною пульпою з великою кількістю еритроцитів, лімфоїдними вузликами з центральним еліпсоїдним капіляром, скупченнями лімфоцитів і поодинокими лімфоцитами, меланомакрофагальними центрами, які розміщені хаотично. У внутрішній зоні виділяються судини (селезінкова артерія і вена, артеріоли, венули), злиті центри меланомакрофагів навколо судин і лімфоцити розкидані по зоні [46].

Морфометричні дослідження показали, що у сома європейського (*Silurus glanis*) відносна площа білої пульпи становить 22,14 %, червоної пульпи – 70,82 %. Співвідношення білої пульпи до червоної дорівнює 1:3,2. У нельми (*Stenodus leucichthys nelma*) червона і біла пульпи чітко відмежовані, їхні площі однакові [7]. В охридської форелі (*Ohrid trout*) біла пульпа займає близько 35–40 % об'єму паренхіми, що вдвічі менше червоної пульпи. За нересту реєструється збільшення білої пульпи та зменшення червоної пульпи, що свідчить про зв'язок між рівнем статевих стероїдів і вмістом пульпи в селезінці [34].

Біла пульпа. Основу білої пульпи селезінки формує лімфоїдна тканина (ретикулярна тканина з лімфоїдними клітинами). В ній відбуваються процеси контролю перебігу крові, клітинна та субклітинна диференціація, кооперативні взаємодії Т- і В-лімфоцитів з макрофагами [18]. У скатів (*Batomorphi*) і променеперих риб (*Palaeopterygii*) показники відносної площі білої пульпи майже однакові і дорівнюють відповідно 31 і 29 % [7].

Структурна організація білої пульпи селезінки пластиножаберних риб (*Elasmobranchii*) є предметом дискусії. Rumfelt et al. (2002) стверджують, що біла пульпа селезінки акул-няньки (*Ginglymostoma cirratum*) поділяється на В- і Т-клітинні зони [37]. Проте за результатами досліджень Castro et al. (2013), вона містить тільки В-лімфоцити [2].

У складі білої пульпи селезінки риб виділяють такі структурні компоненти, як лімфоїдні вузлики, периартеріальні лімфоїдні піхви (муфти) і періеліпсоїдні лімфоїдні піхви [7, 36, 38, 47]. Також серед елементів ретикулярної тканини білої пульпи селезінки хаотично розміщуються клітини крові, зокрема у скатів (*Batomorphi*) це гранулоцити – 65,0 %, еритроцити – 34,3 % і тромбоцити – 0,7 % [7]. У малоплавникової молінезії (*Poecilia sphenops*) у складі білої пульпи селезінки виділяють скупчення лейкоцитів, які представлені, в основному, лімфоїдними клітинами (Т-лімфоцитами) і макрофагами [39]. Ці клітини важливі для адаптивної імунної системи [10, 20, 30].

Лімфоїдні вузлики. Лімфоїдні вузлики розміщуються в різних ділянках білої пульпи селезінки риб [7, 25]. Вони є щільними скупченнями Т- і В-лімфоцитів, ефекторних клітин лімфоцитів, макрофагів, імунобластів, що оточені оболонкою (капсулою). Розміри лімфоїдних вузликів змінюються від дози антигену і терміну їх персистування в організмі [7].

Лімфоїдні вузлики у селезінці бурого протоптера (*Protopterus annectens*) оточені капсулою і містять зовнішню та внутрішню зони. Перша утворена гранулоцитами, зрілими плазматичними клітинами і меланомакрофагальними центрами. Внутрішня зона

представляє собою сітку з трабекул і судинних синусів, що містять лімфоїдні клітини, кластери плазматичних клітин і невелику кількість макрофагів [17].

У сома європейського (*Silurus Glanis*) цитопопуляція лімфоїдних вузликів сформована комплексом клітин лімфоїдної тканини: лімфоцитами (малі, середні, великі), лімфобластами, макрофагами, дендритними клітинами, плазматичними клітинами. У незначній кількості також реєструються базофіли і нейтрофіли. Серед лімфоїдних вузликів розрізняють округлі та овальні лімфоїдні вузлики без центру розмноження, малі лімфоїдні вузлики діаметром 27,5–40 мкм, великі лімфоїдні вузлики діаметром 100–130 мкм і дрібні вузлики з тонким темним обідком завтовшки 6,667 мкм. Кількість лімфоїдних вузликів на одиницю площі (0,021 мм²) становить 109,4 штук [7].

У ссавців лімфоїдні вузлики селезінки мають перартеріальну зону, світлий центр, мантийну і маргінальну зони [12, 11]. Причому остання є найбільш динамічною ділянкою лімфоїдних вузликів. В ній відбувається обробка антигенів під дією потужних маргінальних макрофагів. Проте за даними Sales et al. (2017), лімфоїдні вузлики у риби-вовка (*Hoplias malabaricus*) не мають чіткої структурної організації [38]. Matz & Dooley (2023) відмічають про відсутність маргінальної (крайової зони) на периферії лімфоїдних вузликів селезінки у кісткових риб [28].

Періартеріальні лімфоїдні піхви – це циліндричні компактні скупчення клітин лімфоїдного ряду (лімфоцити, лімфобласти, ретикулярні клітини, макрофаги та інтердигітальні дендритні клітини) навколо пульпарних (центральных) артерій [7]. У сома європейського (*Silurus Glanis*) періартеріальні лімфоїдні піхви слабо розвинені. Вони мають різну довжину та ширину, сформовані 2–3 рядами, щільно розташованих клітин, навколо артерій. Їх діаметр становить 27,27 мкм [7].

Періеліпсоїдні лімфоїдні піхви (еліпсоїди). На думку Fänge & Nilsson (1985), васкуляризація селезінки акул (*Selachii*) визначає особливості її гістологічної організації та імунологічної ефективності. Центральна артерія за виходу з лімфоїдного вузлика проникає в червону пульпу і розгалужується на китичкові артеріоли, які продовжуються як еліпсоїдні артеріоли. Навколо останніх є періеліпсоїдні лімфоїдні піхви (біла пульпа), які у спеціальній літературі ще називають еліпсоїдами. Еліпсоїдні артеріоли втрачають всі свої характерні ознаки (м'язові і еластичні) і розгалужуються на капіляри, які можуть з'єднуватися з венозними синусами (закритий кровообіг) або відкриватися у ретикулярну тканину (відкритий кровообіг).

Періеліпсоїдні лімфоїдні піхви (еліпсоїди) є унікальною структурою, селезінки у якості бар'єру для фільтрації та фагоцитозу [42]. Будова періеліпсоїдних лімфоїдних піхів (еліпсоїдів) селезінки вивчена у риби-вовка (*Hoplias malabaricus*) [38], темного вусатого сома (*Pelteobagrus vachelli*) [45], геофагуса бразильського (*Geophagus brasiliensis*), райдужної форелі (*Carassius auratus*) [47], риби барбус (*Barbus pectoralis*) [25], риби-зебри (*Danio rerio*) [29].

Періеліпсоїдні лімфоїдні піхви (еліпсоїди) розміщені по всій паренхімі селезінки навколо еліпсоїдних артеріол [38]. Вони містять колагенові та

ретикулярні волокна, ліпідні відкладення, ретикулярні клітини та макрофаги [39, 47]. На думку Menke et al. (2011) і Dyková et al. (2022), еліпсоїди у селезінці риб фільтрують плазму крові й уловлюють бактеріальні клітини [8, 29]. Udriou & Sgura (2017) не виявлено періеліпсоїдних лімфоїдних піхів у селезінці вугреподібних риб (*Anguilliformes*) [43].

Червона пульпа. Червона пульпа селезінки виконує ряд функцій, зокрема руйнування старих і ушкоджених еритроцитів і тромбоцитів, депонування крові, фагоцитоз чужорідних частинок, диференціація лімфоцитів у ефекторні клітини, перетворення моноцитів у макрофаги, продукція фактора Вілленбранда ендотеліальними клітинами [7].

Червона пульпа селезінки представлена ретикулярною тканиною з численними клітинами крові, які зумовлюють червоне забарвлення пульпи, макрофагами та судинами [7, 25, 39].

Для риб характерна родинна і рядова відмінності показників відносної площі червоної пульпи. У сома європейського (*Silurus glanis*) червона пульпа займає близько 70 % об'єму селезінки, а у вобли (*Rutilus caspicus*) – більше 80 % [7]. Більшу частину паренхіми селезінки займає червона пульпа і у лівантійського усача (*Barbus pectoralis*), райдужної форелі (*Salmo gairdneri*), малоплавникової молінезії (*Poecilia sphenops*) [25, 39].

Кровоносні судини червоної пульпи селезінки риб представлені артеріолами, капілярами, венозними синусами (синусоидами), порожнини яких заповнені еритроїдними клітинами, еритроцитами та тромбоцитами [7, 8]. Венозні синуси розміщуються у червоній пульпі, переважно, між пульпарними селезінковими тяжами (тяжами Більрота), на межі з маргінальною зоною лімфоїдних вузликів. Стінка венозних синусів складається з довгих вузьких ендотеліальних клітин, які розміщені поздовжньо і мають між собою щілини.

Мелано-макрофагальні центри. Морфологічною особливістю селезінки риб є хаотичне розміщення в її паренхімі мелано-макрофагальних центрів [39]. Спеціальна література містить відомості про будову мелано-макрофагальних центрів селезінки в охридської форелі (*Ohrid trout*) [34], зірчастої масляної риби (*Geophagus brasiliensis*), риби-вовка (*Hoplias malabaricus*) [38] бурого протоптера (*Protopterus annectens*) [17], малоплавникової молінезії (*Poecilia sphenops*) [39], золотої рибки (*Carassius auratus*) [5], плітки звичайної (*Rutilus rutilus*) [33]. Загалом мелано-макрофагальні центри описані у понад 130 видів риб. Також окремі автори [38] заперечують існування мелано-макрофагальних центрів у селезінці риб, зокрема у рогатої акули (*Heterodontus francisci*).

За даними Sales (2017) і Sayed (2022), у зірчастої масляної риби (*Geophagus brasiliensis*), риби-вовка (*Hoplias malabaricus*), малоплавникової молінезії (*Poecilia sphenops*) меланомакрофагальні центри локалізуються біля періеліпсоїдних лімфоїдних піхів (еліпсоїдів) [38, 39]. В охридської форелі (*Ohrid trout*) вони представляють собою погано організовані, неправильної форми скупчення пігментних макрофагів навколо кровоносних судин [34].

У кісткових риб, окрім лососевих, мелано-макрофагальні центри рееструються в таких органах, як нирки, тимус, печінка і селезінка. Вони повністю або частково оточені капсулою і тісно пов'язані з періеліпсоїдними лімфоїдними піхвами (еліпсоїдами) [35]. За даними Höhn & Grune (2013), мелано-макрофагальні центри містять чотири типи пігментів: меланін, ліпофусцин, цероїд і гемосидерин [13]. Кількість, розмір та уміст цих пігментів залежать від органу, виду, віку, статі, харчування і здоров'я риб [23, 24]. Збільшення кількості гемосидерину в мелано-макрофагальних центрах селезінки плітки звичайної (*Rutilus rutilus*) свідчить про посилення деградації еритроцитів і виділення заліза за пошкодження токсином клітин еритроцитарного ряду [33]. Вважається, що мелано-макрофагальні центри є індикатором імунної функції риби [5, 40], тому і відповідно потенційним інструментом біомоніторингу для визначення впливу концентрацій забруднювачів пестицидів [26, 27]. Мелано-макрофагальні центри також відносять до функціональних заміників зародкових центрів селезінки [44].

Висновки

Оглядом-аналітичний характер статті спрямований на привернення уваги дослідників, іхтіологів, ветеринарних лікарів та спеціалістів у галузі рибиництва до проблеми морфології селезінки риб. Анатомічні знання з будови селезінки риб різних класів і видів актуальні для порівняльної анатомії. Дані з мікроскопічної будови структурних компонентів білої та червоної пульпи селезінки риб мають практичне значення для оцінки морфофункціонального стану риб певного виду, що важливо для наукового обґрунтування технологій вирощування риб і опанування механізмів розвитку захворювань селезінки. Морфометричні показники селезінки можуть слугувати теоретичним підґрунтям для розробки тест-системи селезінки в нормі для виявлення морфометричних змін за дії факторів навколишнього середовища.

Перспективи подальших досліджень полягатимуть у вивченні та аналізі даних літературних джерел з вмісту і локалізації хімічних речовин у селезінці риб на тканинному та клітинному рівнях.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Dayoub, M., Shnaigat, S., Tarawneh, R. A., Al-Yacoub, A. N., Al-Barakeh, F., & Al-Najjar, K. (2024). Enhancing animal production through smart agriculture: possibilities, hurdles, resolutions, and advantages. *Ruminants*, 4 (1), 22–46. <https://doi.org/10.3390/ruminants4010003>
- Almeida, D., Cruz, A., Llinares, C., Torralva, M., Lantero, E., Fletcher, D. H., & Oliva-Paterna, F. J. (2023). Fish morphological and parasitological traits as ecological indicators of habitat quality in a Mediterranean coastal lagoon. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 33 (11), 1229–1244. <https://doi.org/10.1002/aqc.3996>
- Castro, C. D., Ohta, Y., Dooley, H., & Flajnik, M. F. (2013). Noncoordinate expression of J-chain and Blimp-1 define nurse shark plasma cell populations during ontogeny. *European Journal of Immunology*, 43 (11), 3061–3075. <https://doi.org/10.1002/eji.201343416>
- Côte, J., Kuczynski, L., & Grenouillet, G. (2022). Morphology reflects differently the various facets of species traits in stream fish. *Freshwater Biology*, 67 (7), 1203–1213. <https://doi.org/10.1111/fwb.13911>
- David, M., & Kartheek, R. M. (2015). Histopathological alterations in spleen of freshwater fish *Cyprinus carpio* exposed to sublethal concentration of sodium cyanide. *Open Veterinary Journal*, 5 (1), 1–5. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2015.v5.i1.p1>
- Diaz-Satizabal, L., & Magor, B. G. (2015). Isolation and cytochemical characterization of melanomacrophages and melanomacrophage clusters from goldfish (*Carassius auratus*, L.). *Developmental and Comparative Immunology*, 48 (1), 221–228. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2014.10.003>
- Dunaievska, O. (2016). Mikroskopična budova ta morfometrični pokazniki selezinky soma (*Silurus glanis* L.). *Rybohospodarska Nauka Ukrainy*, 1 (35), 78–87. <http://dx.doi.org/10.15407/fsu.2016.01.078> [in Ukrainian]
- Dunaievska, O. F., Horalskyi, L. P., & Sokulskyi, I. M. (2022). *Porivnialna morfolohiia selezinky khrebetnykh tvaryn*. Zhytomyr: Poliskyi natsionalnyi universytet [in Ukrainian]
- Dykova, I., Žák, J., Blažek, R., Reichard, M., Součková, K., & Slabý, O. (2022). Histology of major organ systems of Nothobranchius fishes: short-lived model species. *Journal of Vertebrate Biology*, 71, 1–50. <https://doi.org/10.25225/jvb.21074>
- Fänge, R., & Nilsson, S. (1985). The fish spleen: structure and function. *Experientia*, 41, 152–158. <https://doi.org/10.1007/BF02002607>
- Fischer, U., Dijkstra, J., Killer, B., Kiryu, I., Koppang, E., Hordvik, I., Sawamoto, Y., & Ootake, M. (2005). The ontogeny of MHC class I expression in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Shellfish Immunology*, 18 (1), 49–60. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2004.05.006>
- Horalskyi L. P., Dunaievska O. F., Hural'ska S. V., Zaika S. S., Horalska I. Yu., Kropyvnytskyi F. I., Diachenko T. F., Kal'taieva O. Ya., & Dubovy A. A. (2006). Morfometrični pokazniki selezinky sviiskyykh tvaryn. *Tavrycheskyi Medyko-Biologicheskyy Vestnyk*, 9 (3), 41–43. [in Ukrainian]
- Horalskyi L. P., Hural'ska S. V., Dunaievska O. F., Diachenko T. F., Horalska I. Yu., & Dubovy A. A. (2005). Morfometrični pokazniki orhaniv i tkanyn u sviiskyykh tvaryn. *Visnyk Dnipropetrovskoho Derzhavnoho Ahrarnoho Universytetu*, 2, 102–105. [in Ukrainian]
- Höhn, A., & Grune, T. (2013). Lipofuscin: formation, effects and role of macroautophagy. *Redox Biology*, 1 (1), 140–144. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2013.01.006>
- Hural'ska, S., Kot, T., Hryshchuk, H., Zaika, S., & Dubovy, A. (2023). Effect of chicken infectious bronchitis vaccine on morphogenesis. *Scientific Horizons*, 26 (6), 9–21. <https://doi.org/10.48077/scihor6.2023.09>
- Icardo, J. M., Wong, W. P., Colvee, E., Loong, A. M., & Ip, Y. K. (2010). The anatomy of the gastrointestinal tract of the African lungfish, *Protopterus annectens*. *Anatomical Record*, 293 (7), 1146–1154. <https://doi.org/10.1002/ar.21154>
- Icardo, J. M., Wong, W. P., Colvee, E., Garofalo, F., Loong, A. M., & Ip, Y. K. (2011). The gut of the juvenile African lungfish *Protopterus annectens*: a light and scanning electron microscope study. *Journal of Morphology*, 272 (7), 769–779. <https://doi.org/10.1002/jmor.10952>
- Icardo, J. M., Wong, W. P., Colvee, E., Loong, A. M., Zapata, A. G., & Ip, Y. K. (2014). Lympho-granulocytic tissue associated with the wall of the spiral valve in the African lungfish *Protopterus annectens*. *Cell and Tissue Research*, 355 (2), 397–407. <https://doi.org/10.1007/s00441-013-1746-z>
- Kaleeswaran, B. S., Ilavenil, S., & Ravikumar, S. (2010). Changes in biochemical, histological and specific immune parameters in *Catla catla* (Ham.) by *Cynodon dactylon* (L.). *Journal of King Saud University – Science*, 24 (2), 139–152. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2010.10.001>
- Luu Tang Phuc, K., Tran, T. P. D., & Nguyen, H. G. (2022). Histopathological characteristics of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) in challenge with *Edwardsiella ictaluri*. *Can Tho University Journal of Science*, 14(CBA), 7–16. <https://doi.org/10.22144/ctu.jen.2022.023>

20. Kondera, E. (2014). Cell composition of the head kidney of European chub (*Squalius cephalus* L.). *Archives of Polish Fisheries*, 22 (4), 271–280. <https://doi.org/10.2478/aopf-2014-0029>
21. Kot T. F., & Rudakova N. A. (2019). Osoblyvosti morfolohii pechinky kistkovykh ryb. *Materialy V naukovo-praktychnoi konferentsii «Naukovi chytannia – 2019. Aktualni problemy tvarynnystva i veterinarnoi medytyny»*. (pp. 34–35). Zhytomyr [in Ukrainian]
22. Kotelevych, V., Huralska, S., & Honcharenko V. (2023). The influence of the quality and safety of food products on the health and well-being of the population. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (2), 96–104. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.02.17>
23. Magrone, T., Fontana, S., Laforgia, F., Dragone, T., Jirillo, E., & Passantino, L. (2016). Administration of a polyphenol-enriched feed to farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) modulates intestinal and spleen immune responses. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2016/2827567>
24. Magrone, T., Russo, A. M., & Jirillo, E. (2018). Dietary approaches to attain fish health with special reference to their immune system. *Current Pharmaceutical Design*, 24 (41), 4921–4931. <https://doi.org/10.2174/1381612825666190104121544>
25. Mahabady, M. K., Morovvati, H., Arefi, A., & Karamifar, M. (2012). Anatomical and histomorphological study of spleen and pancreas in berzem (*Barbus pectoralis*). *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 4 (3), 263–267.
26. Manrique, W. G., da Silva Claudiano, G., Petrillo, T. R., Pardi de Castro, M., Pereira Figueiredo, M. A., de Andrade Belo, M. A., Engracia de Moraes, J. R., & de Moraes, F. R. (2014). Response of splenic melanomacrophage centers of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) to inflammatory stimuli by BCG and foreign bodies. *Journal Applied Ichthyology*, 30 (5), 1001–1006. <https://doi.org/10.1111/jai.12445>
27. Manrique, W. G., Pereira Figueiredo, M. A., Charlie-Silva, I., Antonio de Andrade Belo, M., & Dib, C. C. (2019). Spleen melanomacrophage centers response of Nile tilapia during *Aeromonas hydrophila* and *Mycobacterium marinum* infections. *Fish & Shellfish Immunology*, 95 (3), 514–518. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.10.071>
28. Matz, H., & Dooley, H. (2023). 450 million years in the making: mapping the evolutionary foundations of germinal centers. *Frontiers Immunology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1245704>
29. Menke, A. L., Spitsbergen, J. M., Wolterbeek, A. P. M., & Woutersen, R. A. (2011). Normal anatomy and histology of the adult zebrafish. *Toxicologic Pathology*, 39 (5), 759–775. <https://doi.org/10.1177/0192623311409597>
30. Mokhtar, D. M., & Abdelhafez, E. A. (2021). An overview of the structural and functional aspects of immune cells in teleosts. *Histology and Histopathology*, 36 (4), 399–414. <https://doi.org/10.14670/HH-18-302>
31. Ofek, A., Lazar, M., Izhaki, I., & Halpern, M. (2022). Intestine and spleen microbiota composition in healthy and diseased tilapia. *Animal Microbiome*, 50 (4), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s42523-022-00201-z>
32. Pombo-Ayora, L., Coker, D. J., Carvalho, S., Short, G., & Berumen, M. L. (2020). Morphological and ecological trait diversity reveal sensitivity of herbivorous fish assemblages to coral reef benthic conditions. *Marine Environmental Research*, 162, 105102. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.105102>
33. Pronina, S. V., Batueva, M. D. D., & Pronin, N. M. (2014). Characteristics of melanomacrophage centers in the liver and spleen of the roach *Rutilus rutilus* (Cypriniformes: Cyprinidae) in Lake Kotokel during the Haff disease outbreak. *Journal of Ichthyology*, 54 (1), 104–110. <https://doi.org/10.1134/s003294521401010x>
34. Reebok, K., Jordanova, M., & Tavciavska-Vasileva, I. (2011). Spleen histology in the female Ohrid trout, *Salmo letnica* (Kar.) (Teleostei, Salmonidae) during the reproductive cycle. *Archives of Biological Sciences*, 63 (4), 1023–1030. <https://doi.org/10.2298/ABS1104023R>
35. Ribeiro, H. J., Procópio, M. S., Gomes, J. M. M., Vieira, F. O., Russo, R. C., Balzuweit, K., Chiarini-Garcia, H., Castro, A. C. S., Rizzo, E., & Corrêa Júnior, J. D. (2011). Functional dissimilarity of melanomacrophage centres in the liver and spleen from females of the teleost fish *Prochilodus argenteus*. *Cell Tissue Research*, 346 (3), 417–425. <https://doi.org/10.1007/s00441-011-1286-3>
36. Ruddle, N. H., & Akirav, E. M. (2009). Secondary lymphoid organs: Responding to genetic and environmental cues in ontogeny and the immune response. *Journal of Immunology*, 183 (4), 2205–2212. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.0804324>
37. Rumpf, L. L., McKinney, E. C., Taylor, E., & Flajnik, M. F. (2002). The development of primary and secondary lymphoid tissues in the nurse shark *Ginglymostoma cirratum*: B-cell zones precede dendritic cell immigration and T-cell zone formation during ontogeny of the spleen. *Scandinavian Journal of Immunology*, 56 (2), 130–148. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3083.2002.01116.x>
38. Sales, C. F., Silva, R. F., Amaral, M. G. C., Domingos, F. F. T., Ribeiro, R. I. M. A., & Santos, H. B. (2017). Comparative histology in the liver and spleen of three species of freshwater teleost. *Neotropical Ichthyology*, 15 (1), 1–12. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20160041>
39. Sayed, R., Zaccane, G., Capillo, G., Albano, M., & Mokhtar, D. (2022). Structural and functional aspects of the spleen in molly fish *Poecilia sphenops* (Valenciennes, 1846): Synergistic interactions of stem cells, neurons, and immune cells. *Biology*, 11 (5), 779. <https://doi.org/10.3390/biology11050779>
40. Steinel, N. C., & Bolnick, D. I. (2017). Melanomacrophage centers as a histological indicator of immune function in fish and other poikilotherms. *Frontiers in Immunology*, 8, 1–8. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2017.00827>
41. Su, G., Villéger, S., & Brosse, S. (2019). Morphological diversity of freshwater fishes differs between realms, but morphologically extreme species are widespread. *Global Ecology and Biogeography*, 28 (2), 211–221. <https://doi.org/10.1111/geb.12843>
42. Trimboli, P., Ngu, R., Royer, B., Giovannella, L., Bigorgne, C., Simo, R., Carroll, P., & Russ, G. (2019). A multicentre validation study for the EU-TIRADS using histological diagnosis as a gold standard. *Clinical Endocrinology*, 91 (2), 340–347. <https://doi.org/10.1111/cen.13997>
43. Udroui, I., & Sgura, A. (2017). The phylogeny of the spleen. *Quarterly Review of Biology*, 92 (4), 411–443. <https://doi.org/10.1086/695327>
44. Vigliano, F. A., Bermúdez, R., Quiroga, M. I., & Nieto, J. M. (2006). Evidence for melanomacrophage centres of teleosts as evolutionary precursors of germinal centres of higher vertebrates: An immunohistochemical study. *Fish Shellfish Immunology*, 21 (4), 467–471. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2005.12.012>
45. Xu, M., Li, W., Yang, S., Sun, X., Tarique, I., Yang, P., & Chen, Q. (2020). Morphological characterization of postembryonic development of blood-spleen barrier in duck. *Poultry Science*, 99 (8), 3823–3830. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.05.012>
46. Yang, H., Erlong, W., Kaiyu, W., Jun, W., Wei, F., Defang, C., & Qian, Y. (2021). Morphology of the spleen in *Oreochromis niloticus*: Splenic subregions and the blood-spleen barrier. *Animals*, 11 (10), 29–34. <https://doi.org/10.3390/ani11102934>
47. Zapata, A. G. (2024). The fish spleen. *Fish & Shellfish Immunology*, 144, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2023.109280>

ORCID

T. Kot 

V. Kovalchuk 

<https://orcid.org/0000-0003-0448-2097>

<https://orcid.org/0009-0003-5147-9891>



2025 Kot T. and Kovalchuk V. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.