



Ukrainian Journal of Natural Sciences
№ 8
Український журнал природничих наук
№ 8

ISSN: 2786-6335 print
ISSN: 2786-6343 online

УДК 636.5:581.451.1/.5
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.8.2024.4>

АНАТОМО-ГІСТОЛОГІЧНА БУДОВА ТА ОСОБЛИВОСТІ МОРФОМЕТРІЇ МОЗОЧКА СВІЙСЬКИХ ПТАХІВ

Л. П. Горальський¹, І. М. Сокульський², Н. А. Колеснік³, Б. В. Гутий⁴,
Р. К. Романюк⁵, О. В. Павлюченко⁶, С. Ю. Шевчук⁷, Ю. В. Максименко⁸

Актуальним питанням, що вимагає уваги у науковців – біологів, морфологів, є дослідження розвитку, росту і формування організму на органному і тканинному рівнях, зокрема органів цен-

¹ доктор ветеринарних наук, професор,
професор кафедри зоології, біологічного моніторингу та охорони природи
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)
e-mail: goralsky@ukr.net
ORCID: 0000-0002-4251-614X

² кандидат ветеринарних наук, доцент,
завідувач кафедри нормальної і патологічної морфології, гігієни та експертизи
(Поліський національний університет, м. Житомир)
e-mail: sokulskiy_1979@ukr.net
ORCID: 0000-0002-6237-0328

³ кандидат ветеринарних наук,
доцент кафедри нормальної і патологічної морфології, гігієни та експертизи
(Поліський національний університет, м. Житомир)
e-mail: natacha_kolesnik@ukr.net
ORCID: 0000-0001-7741-87530

⁴ доктор ветеринарних наук, професор, завідувач кафедри гігієни,
санітарії та загальної ветеринарної профілактики імені М.В. Демчука
(Львівський національний університет ветеринарної медицини та
біотехнологій імені С.З. Ґжицького, м. Львів)
e-mail: bvh@ukr.net
ORCID: 0000-0002-5971-8776

⁵ доктор педагогічних наук, кандидат біологічних наук, професор,
професор кафедри зоології, біологічного моніторингу та охорони природи
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)
e-mail: melnychenko.ruslana@gmail.com
ORCID: 0000-0002-6306-7427

⁶ кандидат біологічних наук, доцент,
завідувачка кафедри зоології, біологічного моніторингу та охорони природи
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)
e-mail: pavluchenkolessia@gmail.com
ORCID: 0000-0002-2783-1037

тральної і периферичної нервової системи, яка займає суттєве місце у регуляції всіх процесів життєдіяльності живих організмів. Насамперед, цікавість до дослідження органів нервової системи зумовлена різними її характерними ознаками та фізіологічними особливостями: трансформацією, генерацією, сприйманням та передачею нервових імпульсів, збереженням енергії та інформації навколишнього середовища, здатністю нервової системи до збудження, гальмування, трофічної функції тощо. Зв'язок мозочка зі структурними відділами головного мозку та складна нейронна система обробки інформації, що надходить до його кори, роблять його унікальним за різноманітним виконуваним функціям. Мозочок є не лише центром координації рухів та рівноваги, але бере участь у регуляції багатьох інших функцій організму.

У статті подані результати досліджень анатомо-гістологічної будови та особливості морфометрії мозочка свійських птахів, які належать до підтипу хребетні тварини, класу Aves – птахи (*Gallus gallus, forma domestica L.*, 1758 – домашня курка, *Meleagris gallopavo forma domestica L.*, 1758 – індичка, *Anas platyrhynchos forma domestica L.*, 1758 – качка домашня, *Anser caerulescens forma domestica L.*, 1758 – гуска).

Морфологічні результати доповнюють та розширюють відомості макро- та мікроскопічної будови мозочка щодо видових особливостей свійських птахів у відповідні розділи порівняльної анатомії, гістології, судової ветеринарії, зоології тощо.

За результатами анатомічних досліджень мозочок у птахів міститься між великим та середнім мозком, дорсально від довгастого. Мозочок сформований тілом та двома правими і лівими боковими вушками. Поверхня органа представлена численними борознами, що ділиться на часточки, останні об'єднані у три частки: передню, середню та задню. У латеральній проекції мозочок трикутної форми, з вентралью видовженою вершиною. У досліджуваної свійської птиці, мозочок має загальні властивості його структурної будови та топографії, водночас різниться за морфометричними характеристиками. За органометрії, середня АМ мозочка у свійських птахів неоднозначна: більша у індиків ($1,987 \pm 0,0086$ г), менша у гусей ($1,409 \pm 0,0063$ г), потім у качок ($0,932 \pm 0,0041$) та найменша у курей, що становить відповідно – $0,516 \pm 0,0032$ г.

Середній показник ВМ маси мозочка має пряму синхронну залежність, стосовно з його АМ та маси тіла тварин, і становить відповідно $0,047 \pm 0,0002$ % у індиків, $0,041 \pm 0,0002$ % у гусей, $0,036 \pm 0,0002$ % у качок та $0,023 \pm 0,0001$ % у курей. Мікроскопічна будова мозочка свійських птахів має подібну структурну організацію: на поперечному зрізі чітко диференціюється сіра (кора) та біла речовинами. Структурна організація кори мозочка птахів сформована трьома шарами (молекулярний, гангліонарний, зернистий), неоднозначної товщини та різноманітною популяцією нервових клітин, які мають зумовлений взаємозв'язок між морфофункціональним станом нейронів та іннервованих структур, відповідно з відомими особливостями тварин.

Ключові слова: анатомо гістологічна структура, видова особливість, морфометрія, органометрія, нервова система, органи, структурна організація, хребетні тварини.

ANATOMO-HISTOLOGICAL STRUCTURE AND MORPHOMETRIC FEATURES OF THE CEREBELLUM OF DOMESTIC BIRDS

L. P. Horalskyi, I. M. Sokulskiy, N. L. Kolesnik, B. V. Gutyj, R. K. Romaniuk, O. V. Pavliuchenko, S. Y. Shevchuk, Y. V. Maksymenko

An urgent issue that requires the attention of scientists – biologists, morphologists – is the study of the development, growth and formation of parameters of the structural features of organs and tissues, in particular, organs of the central and peripheral nervous system, which occupies a significant place in the regulation of all vital processes of living organisms. Special interest in the study of the organs of the nervous system is due to its various properties and functions: perception and conduction

⁷ кандидат біологічних наук, доцент,
доцент кафедри зоології, біологічного моніторингу та охорони природи
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)
e-mail: dzhgutyk@ukr.net
ORCID: 0000-0001-6374-1859

⁸ кандидат біологічних наук, доцент,
доцент кафедри зоології, біологічного моніторингу та охорони природи
(Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир)
e-mail: maksymenko8888@gmail.com
ORCID: 0000-0001-5292-852X

of nerve impulses, generation, transformation, storage of energy of various types and information of the external environment, ability of the nervous system to excite, inhibit, trophic function, etc. The connection of the cerebellum with the structural parts of the brain and the complex neural system of processing information coming to its cortex make it unique in terms of the variety of functions it performs. The cerebellum is not only the center of coordination of movements and balance, but also participates in the regulation of many other functions of the body. The article presents the results of studies of the anatomico-histological structure and morphometric features of the cerebellum of domestic birds belonging to the vertebrate subtype, class Aves – birds (*Gallus gallus*, forma domestica L., 1758 – domestic chicken, *Meleaguis gallopavo* forma domestica L., 1758 – turkey, *Anas platyrhynchos* forma domestica L., 1758 – domestic duck, *Anser caerulescens* forma domestica L., 1758 – goose). The morphological results complement and expand the information on the macro- and microscopic structure of the cerebellum in relation to the species characteristics of domestic birds in the relevant sections of comparative anatomy, histology, forensic veterinary medicine, zoology, etc.

According to the results of anatomical studies, the cerebellum in birds is located between the cerebrum and midbrain, dorsal to the medulla oblongata. The cerebellum is formed by the body and two right and left lateral ears. The surface of the organ is represented by numerous furrows, which are divided into lobes, the latter united into three lobes: front, middle and back. In the lateral projection, the cerebellum is triangular in shape, with a ventrally elongated apex. In the birds studied by us, the cerebellum is characterized by the general principles of its structural organization and morphotopography, but differs in its organometric indicators. According to organometry, the absolute mass of the cerebellum in poultry is different: the largest in turkeys is 1.987 ± 0.0086 g, the smallest in geese is 1.409 ± 0.0063 g, then in ducks is 0.932 ± 0.0041 g and the smallest in chickens, which is 0.516 ± 0.0032 g. The relative mass of the cerebellum changes synchronously with the absolute mass and is $0.047 \pm 0.0002\%$ in turkeys, 0.041 ± 0.0002 in geese, 0.036 ± 0.0002 in ducks, $0.023 \pm 0.0001\%$ in chickens. The microscopic structure of the cerebellum of domestic birds has a similar structural organization: gray (cortex) and white matter are clearly differentiated on a cross section. The cerebellar cortex of birds is formed by corresponding layers (molecular, ganglionic, granular), of different thicknesses and is characterized by an unequal population of neurons, which have a determined relationship between the level of the morphofunctional state of nervous and innervated structures depending on the animal species.

Key words: anatomico-histological structure, species feature, morphometry, organometry, nervous system, organs, structural organization, vertebrates.

Вступ

Нервова система забезпечує взаємозв'язок організму з навколишнім середовищем (Sokulskyi et al., 2021). Вона є однією із важливих систем організму, яка спільно з ендокринною і серцево-судинною системами, інтегрує у єдине ціле живі організми, забезпечуючи їх взаємозв'язок із внутрішнім і зовнішнім середовищем (Grechukha & Otych, 2020). Органи нервової системи координують та регулюють крово- і лімфообіг, обмінні процеси, які, зі свого боку, мають вагомий вплив на морфофункціональну діяльність органів нервової системи (Garman, 2011; Shnurenko et al., 2020). Нервова система організму людини і тварин сприймає різноманітну інформацію, яка потрапляє із зовнішнього середовища і внутрішніх органів. Вона здійснює аналіз інформації, вибирає та координує функції організму, генерує сигнали, які забезпечують відповідні реакції, адекватно до діючих подразників (Dehtyarenko, 2018).

Останнім часом проведено багато досліджень щодо макро-, мікроскопічної будови та розвитку органів нервової системи у тва-

рин та мозочка, зокрема у процесі філогенетичного розвитку (Smaers et al., 2018), онтогенезі (Amore et al., 2021), експерименті (Ramezani et al., 2012; Voogd, 2012; Zhang, 2016). Водночас гісто- та цитометрична оцінка органа у хребетних тварин класу «Птахи», їх порівняльний аналіз, неповно висвітлено у наукових джерелах.

Матеріал і методи

Для проведення досліджень відбирали мозочок від клінічно здорових, статевозрілих свійських тварин, які належали до підтипу хребетних тварин, класу Aves – птахи (*Gallus gallus*, forma domestica L., 1758 – домашня курка, *Meleaguis gallopavo* forma domestica L., 1758 – індичка, *Anas platyrhynchos* forma domestica L., 1758 – качка домашня, *Anser caerulescens* forma domestica L., 1758 – гуска). Дослідні тварини підбирали з урахуванням віку. Дослідження здійснювали у співпраці співробітників кафедри нормальної і патологічної морфології, гігієни та експертизи (Поліський національний університет) та кафедри зоології, біологічного моніторингу та охорони природи (Житомирський державний університет імені Івана Франка).

Дослідження проведені з дотриманням правил щодо лабораторної практики GLP (1981 р.) та положень «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», які затверджені першим Національним конгресом з біоетики (м. Київ, 2001 р.). Експериментальні дослідження здійснені згідно вимог міжнародних принципів «Європейської конвенції захисту хребетних тварин, що використовують в експерименті та інших наукових цілях» (European Convention, 1986) та Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (№ 3447-IV від 21.02.2006 р., м. Київ).

У роботі застосовували такі методи досліджень: клінічні – для характеристики клінічного стану птиці; зоотехнічні – для визначення загальної маси тіла тварин та абсолютної маси органа; мікроскопічні – для дослідження гісто- та цитоархітекtonіки органа; нейрогістологічні – для виявлення нейрофібрилярного апарату та хроматофільної речовини у нейроцитах); морфометричні – для встановлення абсолютних та відносних характеристик мозочка; статистичні – для обробки цифрових даних. Для дослідження АМ мозочка, відпрепарований орган, відразу після забою тварин, зважували, використовуючи при цьому електронні ваги RADWAG PS-1200 з точністю до 0,1 г. Проміри мозочка проводили за допомогою штангенциркуля з точністю до 0,1 мм.

З метою проведення мікроскопічних досліджень, відібрані шматочки матеріалу піддавали фіксації у 12%-му охолоджену водному розчині нейтрального формаліну і рідині Карнуа. Потім штаточки мозочка заливали у тверде середовище (парафін) згідно схемам, запропонованих у посібнику (Goralskiy et al., 2019). Гістологічні зрізи товщиною до 8–10 мкм робили за допомогою санного мікротома – МС-2.

З метою дослідження детальної будови мозочка, його гісто- та цитоархітекtonіки, гісто- та цитометричних характеристик проводили виготовлення серійних парафінових зрізів з їх наступним, після депарафінації, фарбуванням гематоксином і еозином.

Цитоархітекtonіку органа у свійських птахів (форму клітин та їх клітинну типізацію, нейрофібрилярний апарат, характер галуження відростків (аксонів, дендритів) досліджували на гістопрепаратах імпрегованих азотнокислим сріблом (Goralskiy et al., 2019).

Отримання об'єктивних цифрових даних структурних компонентів мозочка у свійських птахів (виміри лінійних характеристик органа, об'єму нейроцитів, їх ядер, товщини молекулярного, гангліонарного, зернистого шарів кори мозочка), здійснювали окуляр-мікрометром, використовуючи морфометричні та статистичні методи досліджень.

Результати та обговорення

Птахи є одним з найбільш численних у видовому відношенні класів вищих хребетних тварин. Птахи – це гомойотермні організми, що отримали в результаті перетворення передніх кінцівок на крила здатність до польоту (Melnyk & Melnyk, 2017).

Пристаювання птахів до польоту сильно позначилося на будові їх тіла та життєвих систем організму. В еволюційному плані відбулися значні зміни, зокрема, у будові інтегруючих органів. У птахів, нервова система досягає значно високого ступеню розвитку та диференціації (Kang, 2021). Мозочок птахів, особливо у папуг та дятлів, порівняно з мозочком інших хребетних тварин, значно великий (Sultan, 2005). Нещодавно, шляхом застосування методу, який дозволяє імуноцитохімічно ідентифікувати ядра нейронів (Herculano-Houzel et al., 2005), вдалося з'ясувати, що за рівної маси мозку у хребетних тварин, кількість нейронів у головному мозку птахів більша, ніж у ссавців. У мозку птахів міститься майже у двічі більше нейронів, ніж у мозку ссавців за рівної його маси (Olkowicz et al., 2016), нервові клітини у мозку птахів розміщені щільніше.

У досліджуваних нами птахів, мозочок вкриває ромбоподібну ямку. Знаходиться орган у ділянці між великим та середнім мозком, вище довгастого мозку. Макроскопічна будова мозочка утворена сильно вираженою частиною – тілом (черв'ячком) і двома малими бічними придатками, у вигляді слабовиражених бічних вушок. Тіло мозочка на його поверхні, поперечними борознами поділено на часточки.

Головний мозок птиці за аналогією з ссавцями поділяється на великий та ромбоподібний (Watanabe et al., 2021). Мозок у птахів на відміну від плазунів отримує сильний розвиток (Marugán-Lobón et al., 2016).

У курей мозочок розміщений між великим та середнім мозком, зверху від довгастого. Черв'ячок (тіло) мозочка, поперечними щілинами розділено на частки та має два виражені бокові вушка (рис. 1). Основа мозочка витягнута і вигнута рострально. Збоку мозо-

чок має округлий вигляд і за формою нагадує грудкоподібну структуру, сильно розширену біля півкуль великого мозку і значно звужену на межі його з продовгуватим мозком. У курей, вушка мозочка, у вигляді конусоподібних структур, виступають по обидва боки розширеної нижньої його ділянки (див. рис. 1). Поверхня мозочка у курей розділена щілинами на листки (звивини), що формують часточки, а ті, у свою чергу, – частки мозочка (рис. 2).

Мозочок індички, знаходиться між великим та середнім мозком, дорсально від довгастого. Його більшу частину складає середня частка – черв'як з характерними поперечними борознами. Бічні частки мозочка слабо розвинуті і виступають у вигляді вушкоподібних виростів. Мозочок досягає значних розмірів, має округлу форму і значно потовщений у ділянках, звідки виступають вушкоподібні вирости. У каудальному напрямку він звужується (рис. 3). Поверхня мозочка має виражені щілини, які поділяють її на частки (рис. 4).

Мозочок качки розташований дорсально від довгастого мозку – між великим та середнім мозком. Мозочок має розвинуте тіло та два бокові вушка – праве і ліве (рис. 5). У боковій проекції мозочок має форму трикутника, з вентрально видовженою вершиною. Поверхня мозочка численними борознами поділена на десять часточок, які об'єднуються у три частки: передню, середню і задню (рис. 6).

У гуски мозочок повністю вкриває ромбоподібну ямку і займає ділянку між великим

та середнім мозком, дорсальніше від довгастого. Мозочок гуски побудований із масивної частини – тіла (черв'яка) та двох маленьких бокових придатків у вигляді слабо розвинутих бокових вушок (рис. 7). На поверхні тіло мозочка поперечними борознами поділено на багаточисленні часточки (рис. 8).

Вирішальне значення у морфологічних дослідженнях належить органометрії, яка дозволяє ретельно провести аналіз кількісних показників щодо структурної характеристики організму тварин у процесі його онто- і філогенетичного розвитку і за дії на живі організми різних чинників довкілля (Krstev, 2007).

Проведені нами органометричні дослідження свідчать, що абсолютна маса мозочка у свійської птиці, має пряму залежність щодо видових їх особливостей: найбільша виявляється у індичок ($1,987 \pm 0,0086$ г), порівняно з курми, абсолютна маса мозочка достовірно ($P < 0,001$) збільшується у 3,8 рази. Абсолютна маса мозочка у гуски дорівнює $1,409 \pm 0,0063$ г, що достовірно ($p < 0,001$) у 1,5 рази більше, ніж у качки. Водночас, порівняно з наземними птахами, абсолютна маса органа у гуски, у 2,73 рази більша, ніж у курки, але є меншою в 1,4 рази ніж у індички (рис. 9).

Середній показник ВМ мозочка у досліджуваної птиці змінюється синхронно та є прямопропорційним абсолютній масі органа та масі тіла тварин. Так, згідно органометричних досліджень, відносна маса мозочка, так само, як і його абсолютна маса,



Рис. 1. Макроскопічна будова мозочка курки: а – півкулі великого мозку; б – мозочок; в – тіло (черв'як) мозочка; г – вушка мозочка. Макропрепарат

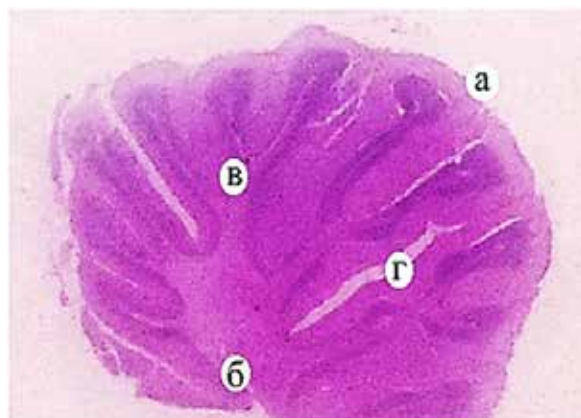


Рис. 2. Будова мозочка курки (фронтальний зріз): а – сіра речовина; б – біла речовина; в – звивини сірої речовини; г – щілини (борозни) кори мозочка. Гематоксилін та еозин. $\times 10$

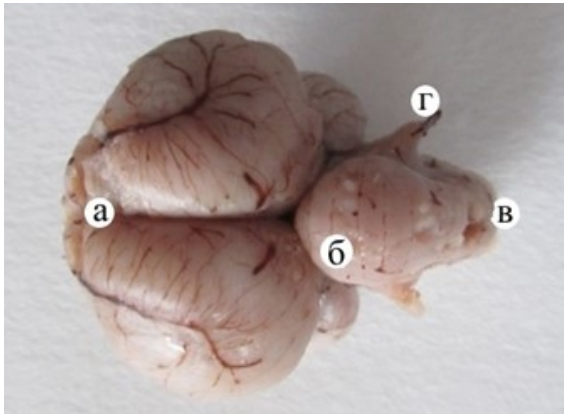


Рис. 3. Макроскопічна будова мозочка індички: а – півкулі великого мозку; б – мозочок; в – тіло (черв'як) мозочка; г – вушка мозочка. Макропрепарат

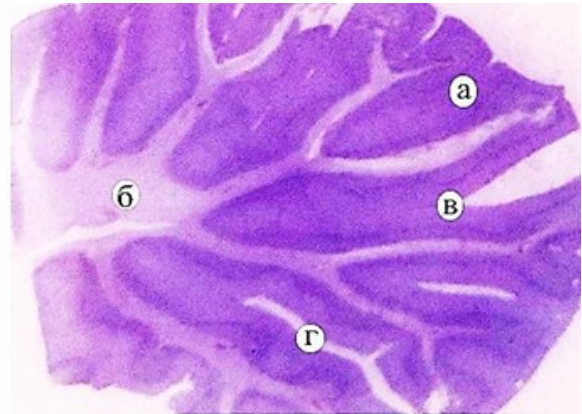


Рис. 4. Будова мозочка індички (фронтальний зріз): а – сіра речовина; б – біла речовина; в – звивини сірої речовини; г – щілини (борозни) кори мозочка. Гематоксилін та еозин. × 10



Рис. 5. Макроскопічна будова мозочка качки: а – півкулі великого мозку; б – мозочок; в – тіло (черв'як) мозочка; г – вушка мозочка. Макропрепарат

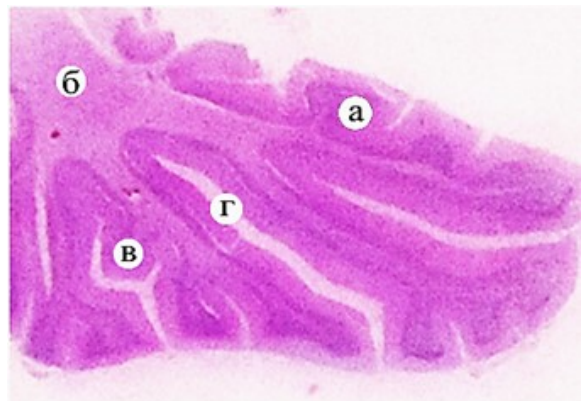


Рис. 6. Будова мозочка качки (фронтальний зріз): а – сіра речовина; б – біла речовина; в – звивини сірої речовини; г – щілини (борозни) кори мозочка. Гематоксилін та еозин. × 10

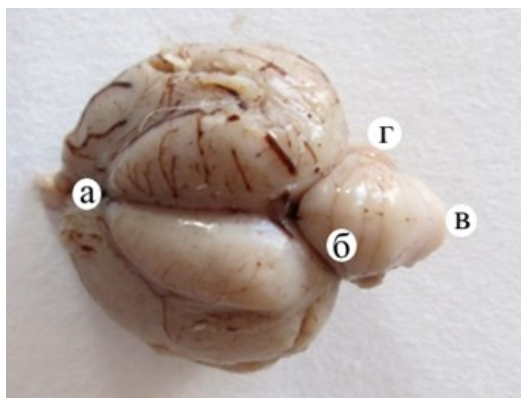


Рис. 7. Макроскопічна будова мозочка гуски: а – півкулі великого мозку; б – мозочок; в – тіло (черв'як) мозочка; г – вушка мозочка. Макропрепарат

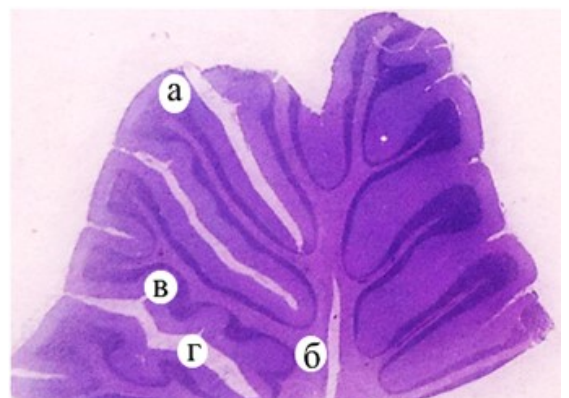


Рис. 8. Будова мозочка гуски (фронтальний зріз): а – сіра речовина; б – біла речовина; в – звивини сірої речовини; г – щілини (борозни) кори мозочка. Гематоксилін та еозин. × 10

значно більшою виявляється у індичок, дещо меншою у гуски, качки та найменшою у курки (рис. 10). При тім у наземної птиці, у індичок, порівняно із курми, відносна маса мозочка вірогідно ($P < 0,01$) зростає у два рази і дорівнює відповідно $0,047 \pm 0,0002\%$. Середній показник ВМ мозочка у водоплавної птиці, у гуски, порівняно з наземними птахами, у 1,15 рази поступається індичці та є достовірно ($p < 0,01$) у 1,8 рази більшою порівняно з куркою (див. рис. 10).

Разом із неоднозначними середніми показниками АМ і ВМ мозочка у свійської птиці, залежно від їх видових особливостей, відбуваються прямопропорційні зміни його лінійних характеристик: довжини, ширини та висоти (Agashiwala et al., 2008). Так, довжина мозочка водоплавних птахів, а саме у гуски ($15,6 \pm 0,042$ мм), достовірно ($p < 0,01$) у 1,26 рази менша, ніж такий показник у качки і на 2,0 мм менша щодо індички та, навпаки, є на 0,8 мм більшою, стосовно курки (рис. 11). Характерні особливості щодо лінійних промірів, виявлені нами щодо ширини мозочка, яка у гуски у 1,34 рази достовірно ($p < 0,01$) більша, ніж у качки та дорівнює $12,9 \pm 0,022$ мм. У водоплавних птахів, порівняно з наземними, ширина органа у гуски на 6,0 мм більша ніж

у курки та на 1,15 мм ніж у індички (див. рис. 5). Подібні морфометричні зміни спостерігали і стосовно лінійних показників, щодо висоти органа. Так, найбільшу висоту мозочка ($13,2 \pm 0,024$ мм) виявили у гуски, середній показник ($11,2 \pm 0,024$ мм) у індички та наблизений до відповідного у качки ($9,6 \pm 0,02$ мм) і найменший ($7,4 \pm 0,014$ мм) у курки (рис. 11).

Відповідно з результатами гістологічних досліджень, мозочок досліджуваної птиці, має подібну гістоархітектуру. На поперечному зрізі він сформований сірою і білою речовинами. Його сіра речовина знаходиться поверхнево, формуючи кору мозочка, біла речовина – розташована у центрі органа (рис. 12).

У сірій речовині мозочка диференціюють наступні шари: зовнішній (молекулярний), середній (гангліонарний), внутрішній (зернистий), які мають подібну цитоархітектонічну будову, властиву для свійських тварин (рис. 13) Кожний із шарів кори мозочка представлений чітко певними нейронами.

Молекулярний шар кори мозочка містить кошикові та зірчасті форми (зірчасті) нервові клітини, які представляють єдину систему нервових клітин, що передають гальмівні нервові імпульси на ден-



Рис. 9. Абсолютна маса мозочка свійських птахів (г)

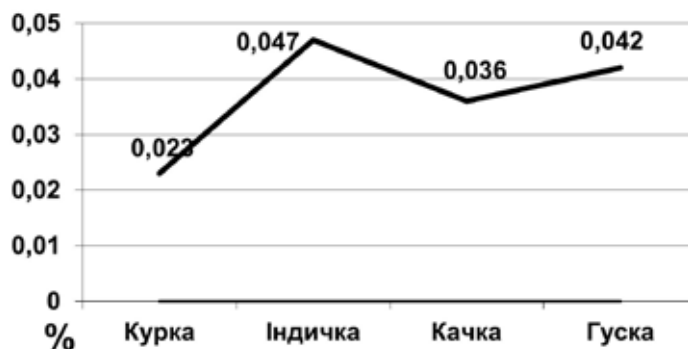


Рис. 10. Відносна маса мозочка свійських птахів (%)

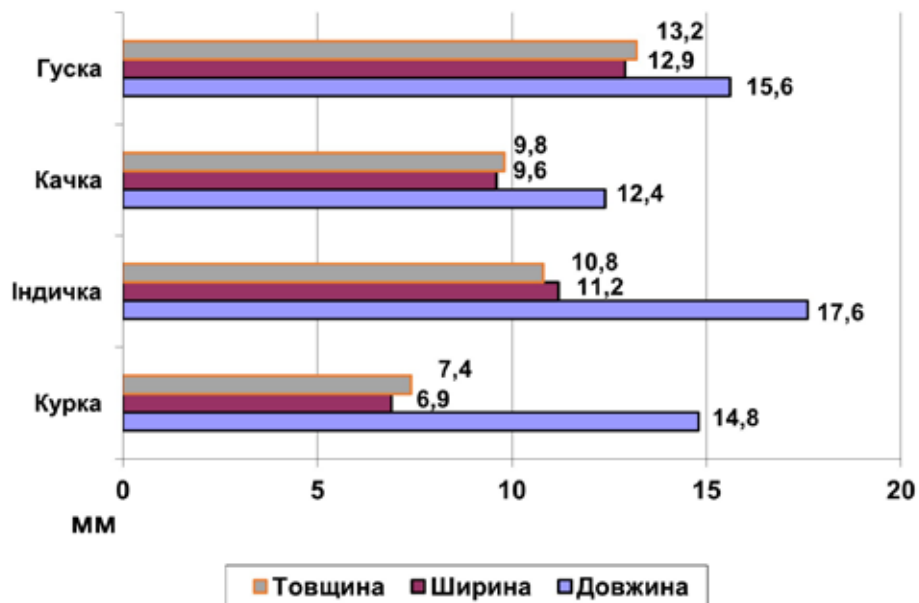


Рис. 11. Органометричні показники мозочка свійських птахів

дрити і тіла клітин Пуркінє. Кошикові нейрони знаходяться над клітинами Пуркінє у гангліонарному шарі. Такі клітини мають невеликі розміри, вони неправильної форми з великою кількістю відростків.

Гангліонарний шар кори мозочка утворений великими, грушоподібної форми нервовими клітинами – Пуркінє, які розміщені однорядно та вертикально звивинам мозочка (рис. 14). Тому, форма таких клітин у площині, через яку прямують дендрити, грушоподібна, а у перпендикуляр-

ній площині – веретеноподібна. Нервові клітини – Пуркінє, характеризуються чітко розвиненим деревом дендритів. Це ефекторні нейрони мозочка, які через його ядра передають нервові імпульси у низхідні провідні шляхи, що з'єднують головний мозок зі спинним (Kim et al., 2012). Нервові клітини Пуркінє, характеризуються чітко вираженим ядром та чітко вираженою нейроплазмою. За розміром, вони найбільші з усієї цитопопуляції нейронів кори мозочка. Їх морфофункціональна активність та розміри, щільність

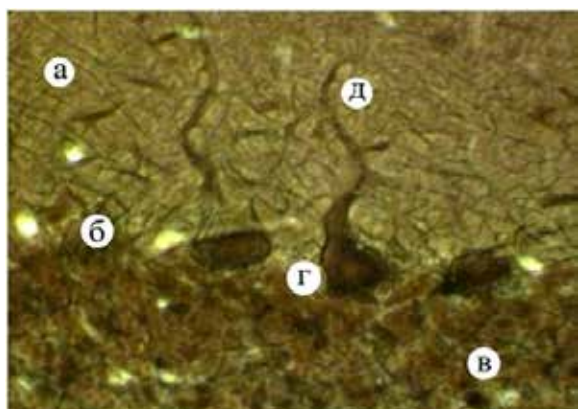


Рис. 12. Фрагмент мікроскопічної будови кори мозочка курки: а – молекулярний шар; б – гангліонарний шар; в – зернистий шар; г – клітини Пуркінє; д – дендрит. Більшовський-Грос. × 320

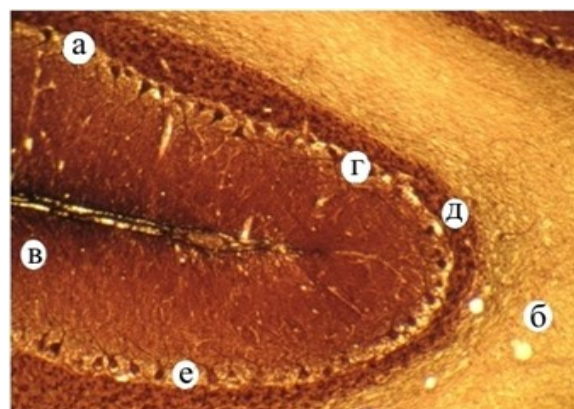


Рис. 13. Фрагмент мікроскопічної будови кори мозочка індички: а – сіра речовина; б – біла речовина; в – молекулярний шар; г – гангліонарний шар; д – зернистий шар; е – клітини Пуркінє. Більшовський-Грос. × 280

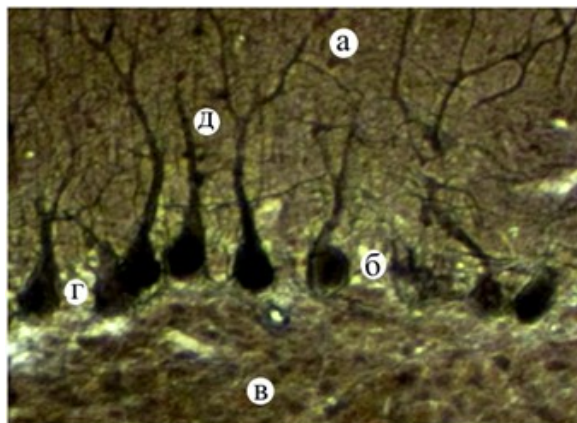


Рис. 14. Фрагмент мікроскопічної будови кори мозочка гуски: а – молекулярний шар; б – гангліонарний шар; в – зернистий шар; г – клітини Пуркінє (грушоподібні); д – дендрити клітин Пуркінє. Більшовський-Грос. × 320

розташування тощо у значній мірі мають пряму залежність щодо передачі нервових імпульсів і регулюються відповідно координації рухових процесів, залежно від видових особливостей та класу тварин (Нохна et al., 2018).

Цитометричними дослідженнями та за результатами математичного аналізу, вста-

новлено різні об'єми клітин Пуркінє та відповідно їх ядер. При тім виявлено, різний їх середній показник ЯЦВ, стосовно видових особливостей свійських птахів. Це не випадково, оскільки математичний аналіз структур морфологічних об'єктів одержав визнання як метод, що відрізняється об'єктивністю та достовірністю (Rajković et al., 2016).

Так, за результатами наших підрахунків, об'єм клітин Пуркінє у гангліонарному шарі мозочка гуски у 1,15 рази більший ніж у качки. Порівнюючи із наземною птицею, існує тенденція до незначного зменшення стосовно індички та зростання ($P < 0,01$) у 1,8 рази щодо курки (рис. 15). При тім об'єм ядер у клітинах Пуркінє досліджуваної птиці майже не змінюється (рис. 16) і, тому, їх ядерно-цитоплазматичне відношення різне, яке є основним морфометричним показником рівня метаболічних процесів та диференціації клітин у тварин, залежно від умов їх існування.

Вивчення морфометричних характеристик, а саме ядерно-цитоплазматичного відношення в соматичних клітинах, являється наочним показником, чутливим до різноманітних патологічних порушень у клітинах, завдяки якого можна характеризувати структурно-функціональний їх стан (Cherniavskiy, 2019).

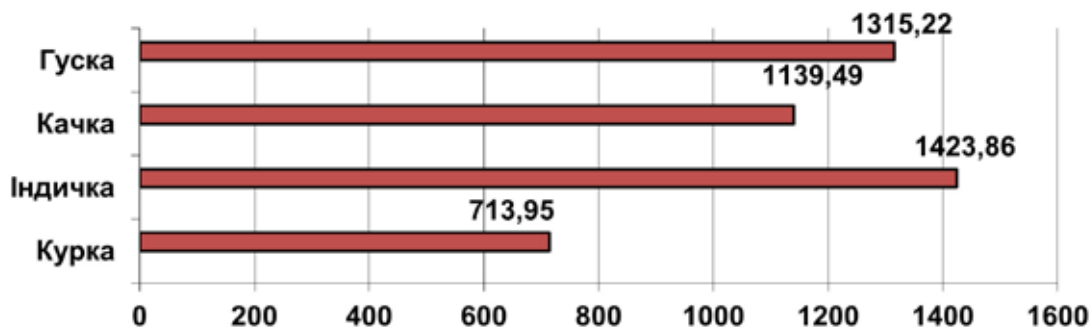


Рис. 15. Об'єм перикаріонів нервових клітин Пуркінє у свійських птахів (мкм³)

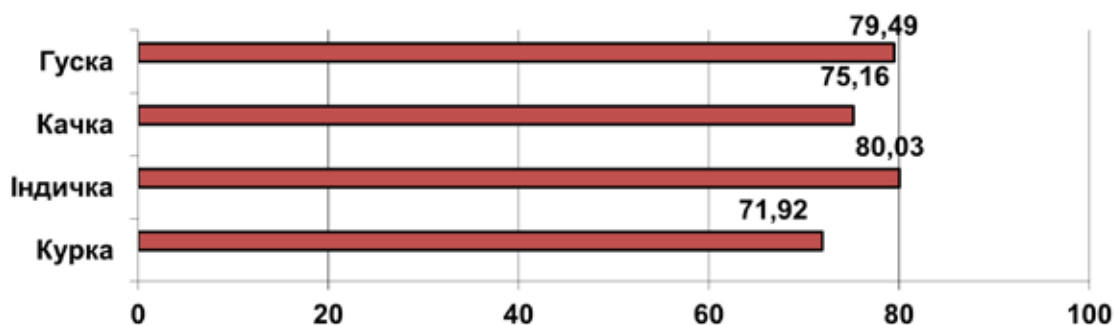


Рис. 16. Об'єм ядер нервових клітин Пуркінє у свійських птахів (мкм³)

За результатами наших досліджень, відповідно до показників середнього об'єму клітин Пуркінє та відповідно ядер, їх ЯЦВ неоднозначне (рис. 17). Притому, значно більший показник ЯЦВ виявили у нервових клітин гуски – $0,079 \pm 0,013$, подібним значення ядерно-цитоплазматичного відношення було у качки ($0,087 \pm 0,013$) та індички ($0,083 \pm 0,024$) і достовірно ($P < 0,001$) у 1,75 раза меншим у курки. Це пояснюється біологічними особливостями птахів та свідчить про морфофункціональний стан нервових клітин, розвиток у них білоксинтезувального апарату, стан метаболічних процесів тощо, пов'язаних з індивідуальними і видовими особливостями дослідних птахів.

Окрім того, за результатами проведених нами морфометричних досліджень

встановлено, що гістометричні характеристики товщини гістоархітектонічних шарів мозочка у наземних птахів, подібні до таких як у водоплавної птиці (рис. 18).

У цьому випадку, середній показник товщини кори мозочка з досліджуваної птиці, більший у індички – $404,25 \pm 5,76$ мкм, майже подібний у гуски – $399,7 \pm 5,46$ мкм, проміжне значення у качки – $376,29 \pm 5,34$ мкм і найменший у курки ($350,7 \pm 12,68$ мкм).

Подібність та аналогічність спостерігали і щодо перерозподілу тканинних компонентів гістоархітектонічних шарів (молекулярного, гангліонарного, зернистого) органа у свійських птахів. При тім, середній показник товщини молекулярного шару мозочка у досліджуваної нами птиці корелює зі товщиною кори мозочка та найбільшим

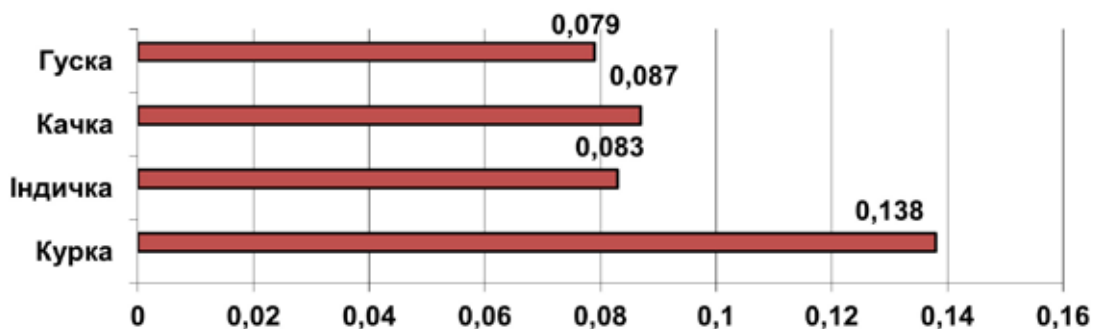


Рис. 17. Ядерно-цитоплазматичне відношення клітин Пуркінє свійських птахів

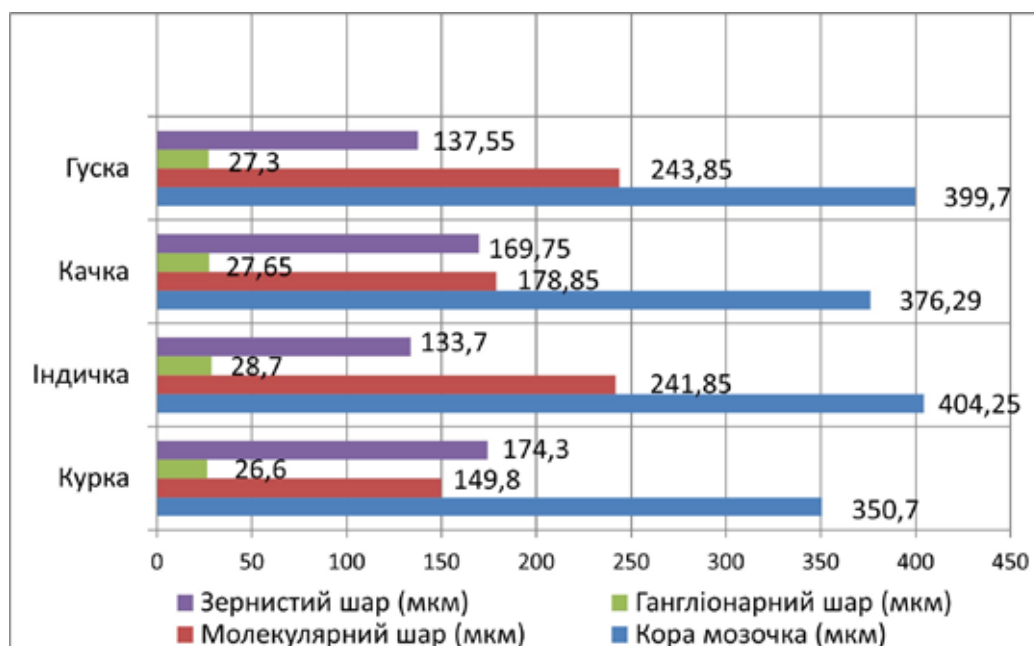


Рис. 18. Морфометричні показники структурних компонентів товщини гістоархітектонічних шарів мозочка свійських птахів

є у індички ($241,85 \pm 2,35$ мкм), дещо меншим у гуски ($234,85 \pm 2,43$ мкм), потім у качки ($178,85 \pm 4,30$ мкм) та найменшим відповідно, у курки ($149,80 \pm 6,27$ мкм). Разом з тим, показник середньої товщини гангліонарного шару мозочка у наземної та водоплавної птиці був подібним і мав найменші виміри, порівняно з усіма гістоархітектонічними шарами мозочка (див. рис. 18).

За таких показників, зміни вимірів товщини виявляли у зернистих шарах кори мозочка, у бік зростання у курей ($174,30 \pm 5,74$ мкм) та качки ($169,75 \pm 4,43$ мкм) і, відповідно, у бік зниження у індички ($133,70 \pm 2,92$ мкм) та гуски ($137,55 \pm 2,45$ мкм) (див. рис. 18).

Висновки

Морфологія, морфотопографія, варіабельність органометричних вагових (абсолютна та відносна маси), лінійних (довжина, ширина, висота) величин мозочка, його цито- (об'єм клітин Пуркінє) та гістометричних (товщина кори мозочка) параметрів у представників класу птахи залежить від їх рухової активності, умов та визначається певним видом представників класу птахи:

– знаходиться мозочок дорсально від довгастого мозку у ділянці між великим та середнім мозком. Він сформований тілом та правим і лівим боковими вушками. На поверхні мозочок численними борознами поділений на часточки: передню, середню та задню. У боковій проекції мозочок свійських птахів трикутної форми, з вентрально вивоженою вершиною.

– середня АМ мозочка свійських птахів має різні значення: більша у індички

$-1,987 \pm 0,0086$ г), дещо менша у гуски $-1,409 \pm 0,0063$ г, потім у качки $-0,932 \pm 0,0041$ г і значно менша у курки $-0,516 \pm 0,0032$ г. Середній показник відносної маси мозочка змінюється синхронно з абсолютною масою та відповідно дорівнює: у індички $-0,047 \pm 0,0002\%$; у гуски $-0,041 \pm 0,0002$; у качки $-0,036 \pm 0,0002$; у курки $-0,023 \pm 0,0001\%$.

– мозочок свійської птиці має подібну структурну організацію: на поперечному зрізі утворений білою та сірою речовиною, яка сформована молекулярним, гангліонарним і зернистим шарами, які характеризуються різною популяцією нервових клітин.

– товщина кори мозочка класу птахи різна: у курей $-350,7 \pm 12,68$ мкм, індиків $-404,25 \pm 5,76$, качок $-376,29 \pm 5,34$, гусей $-234,85 \pm 2,43$ мкм. Найбільша товщина його гістоархітектонічних шарів у всіх досліджуваних тварин властива зернистому шару, дещо менша – у молекулярному і найменша – у гангліонарному.

– у порівняльно-анатомічному ряді свійських птахів встановлено різні об'єми перикаріонів клітин Пуркінє: найменші об'єми у представників класу птахи – кури ($713,95 \pm 68,58$ мкм³); дещо більша у качки ($1139,49 \pm 88,79$ мкм³); гуси ($1315,22 \pm 88,53$ мкм³); індики ($1423,86 \pm 81,60$ мкм³).

– середній показник ЯЦВ клітин Пуркінє, який свідчить про їх функціональну активність має різні значення: найбільший у гуски $-0,079 \pm 0,013$, наближене значення у качки $-0,087 \pm 0,013$ та індички $-0,083 \pm 0,024$ і достовірно ($P < 0,001$) менше у 1,75 раза у курки.

Список використаної літератури

Горальський А.П., Хомич В.Т., Кононський О.І. Основи гістологічної техніки і морфофункціональні методи дослідження у нормі та при патології : навч. посіб. Житомир : Полісся, 2019. 288 с.

Гречуха В., Отич Д. Вплив нейропластичності нервової системи на розвиток особистості у підлітковому віці. *Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія 12. Психологічні науки*. 2020. № 11 (56). С. 48–56. [https://doi.org/10.31392/NPU-nc.series12.2020.11\(56\).04](https://doi.org/10.31392/NPU-nc.series12.2020.11(56).04).

Дегтяренко Т.В. Онтологія визначення основних властивостей нервової системи людини в концепті розробки проблеми індивідуальності. *Український журнал медицини, біології та спорту*. 2018. Том 3. № 5 (14). С. 14–18. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-92-7-14-18>.

Європейська конвенція про захист домашніх тварин» від 13.11.1987 р., що ратифіковано: Законом України № 578-VII (578-18) від 18.09.2013. [Електронний ресурс]. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_a15#Text (дата звернення 03.02.2024).

Закон України. Про захист тварин від жорстокого поводження (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2006, № 27, ст. 230). [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3447-15#Text> (дата звернення 05.02.2024).

Карунський О.Й., Макаринська А.В., Севастьянов О.В. Динаміка показників крові курчат при використанні ферментного препарату “Клерізім гранульований” в їх годівлі. Зернові продукти і комбікорми. 2018. Том 18. № 2. С. 35–39. <https://doi.org/10.15673/gpmf.v18i2.953>.

Мельник О.О., Мельник М.В. Біоморфологічні особливості м'язів, діючих на плечовий суглоб, деяких представників ряду горобцеподібних – *Ordo Passeriformes*. Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. 2017. Т 19. № 77. С. 55–59. <https://doi.org/10.15421/nvlvet7713>.

Слабий О.Б. Ядерно-цитоплазматичні відношення у кардіоміоцитах та ендотеліоцитах передсердь легеневого серця. Здобутки клінічної та експериментальної медицини. 2016. № 4. С. 103–106. <https://doi.org/10.11603/1811-2471.2016.v0.i4.7089>.

Чернявський А.В. Динаміка ядерно-цитоплазматичного відношення кардіоміоцитіву серці щурів в ранньому постнатальному періоді в нормі та експерименті. Вісник Вінницького національного медичного університету. 2019. Т. 23. № 1. С. 89–93. [https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2019-23\(1\)-14](https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2019-23(1)-14).

Шнуренко Е.О., Студенок А.А., Карповський В.І., Трокоз В.О., Постой Р.В. Вплив тонузу автономної нервової системи на інтенсивність росту у курей. Наукові горизонти. 2020. № 07 (92). С. 14–18. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-92-7-14-18>.

Agashiwala R.M., Louis E.D., Hof P.R., Perl D.P. A novel approach to non-biased systematic random sampling: a stereologic estimate of Purkinje cells in the human cerebellum. *Brain research*. 2008. Vol. 1236. P. 73–78. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2008.07.119>.

Amore G., Spoto G., Ieni A., Vetri L., Quatrosi G., Di Rosa G., Nicotera A.G. A Focus on the Cerebellum: From Embryogenesis to an Age-Related Clinical Perspective. *Frontiers in systems neuroscience*. 2021. № 15. 646052 p. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2021.646052>.

Garman R.H. Histology of the central nervous system. *Toxicologic pathology*. 2011. Vol. 39. № 1. P. 22–35. <https://doi.org/10.1177/0192623310389621>.

Herculano-Houzel S., Lent R. Isotropic fractionator: A simple, rapid method for the quantification of total cell and neuron numbers in the brain. *J. Neurosci*. 2005. Vol. 25. № 10. P. 2518–2521.

Hoxha E., Balbo I., Miniaci M.C., Tempia F. Purkinje Cell Signaling Deficits in Animal Models of Ataxia. *Frontiers in synaptic neuroscience*. 2018. Vol. 10. № 6. <https://doi.org/10.3389/fnsyn.2018.00006>.

Kang S.W. Central Nervous System Associated With Light Perception and Physiological Responses of Birds. *Frontiers in physiology*. 2021. № 12. 723454 p. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.723454>.

Kim J.A., Sekerková G., Mugnaini E., Martina, M. Electrophysiological, morphological, and topological properties of two histochemically distinct subpopulations of cerebellar unipolar brush cells. *Cerebellum (London, England)*. 2012. Vol. 11. № 4. P. 1012–1025. <https://doi.org/10.1007/s12311-012-0380-8>.

Krastev D. Electronmicroscopical investigation of the small neurons in trigeminal ganglion. *Journal of IMAB-Annual Proceeding (Scientific Papers)*. Vol. 14. № 1. P. 27–29.

Marugán-Lobón J., Watanabe A., Kawabe S. Studying avian encephalization with geometric morphometrics. *Journal of anatomy*. 2016. Vol. 229. № 2. P. 191–203. <https://doi.org/10.1111/joa.12476>.

Olkowicz S., Kocourek M., Luean R.K., Portes M., Fitch W.T., Herculano-Houzel S., Nimec P. Birds have primate-like numbers of neurons in the forebrain. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2016. Vol. 113. P. 7255–7260. <https://doi.org/10.1073/pnas.1517131113>.

Rajković K., Marić D.L., Milošević N.T., Jeremić S., Arsenijević V.A., Rajković N. Mathematical modeling of the neuron morphology using two dimensional images. *Journal of theoretical biology*. 2016. Vol. 390. P. 80–85. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2015.11.019>.

Ramezani A., Goudarzi I., Lashkarboluki T., Ghorbanian M.T., Abrari K., Elahdadi Salmani M. Role of Oxidative Stress in Ethanol-induced Neurotoxicity in the Developing Cerebellum. *Iranian journal of basic medical sciences*. 2012. Vol. 15. № 4. P. 965–974. <https://doi.org/10.22038/IJBMS.2012.4894>.

Smaers J.B., Turner A.H., Gómez-Robles A., Sherwood C. C. A cerebellar substrate for cognition evolved multiple times independently in mammals. *eLife*. 2018. № 7. e35696 p. <https://doi.org/10.7554/eLife.35696>.

Sokulskiy I.M., Goralskiy L.P., Kolesnik N.L., Dunaievskaya O.F., Radzikhovskiy N.L. Histostructure of the gray matter of the spinal cord in cattle (*Bos Taurus*). *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*. 2021. Vol. 4. № 3. P. 11–15. <https://doi.org/10.32718/ujvas4-3.02>.

Sultan F. Why some bird brains are larger than others. *Current biology : CB*. 2005. Vol. 15. № 17. P. 649–650. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2005.08.043>.

Voogd J. A note on the definition and the development of cerebellar Purkinje cell zones. *Cerebellum (London, England)*. 2012. Vol. 11. № 2. 422–425. <https://doi.org/10.1007/s12311-012-0367-5>.

Watanabe A., Balanoff A.M., Gignac P.M., Gold M.E.L., Norell M.A. Novel neuroanatomical integration and scaling define avian brain shape evolution and development. *ELife*. 2021. № 10. e68809 p. <https://doi.org/10.7554/eLife.68809>.

Zhang X.Y., Wang J.J., Zhu J.N. Cerebellar fastigial nucleus: from anatomic construction to physiological functions. *Cerebellum & ataxias*. 2016. № 3. 9 p. <https://doi.org/10.1186/s40673-016-0047-1>.

References (translated & transliterated)

Horalskyi, L.P., Khomych, V.T., & Kononskyi, O.I. (2019). Osnovy histolohichnoyi tekhniky i morfofunktsional'ni metody doslidzhennya u normi ta pry patolohiyi [Fundamentals of histological technique and morphofunctional research methods in normal and pathology]. Zhytomyr : Polissia [in Ukrainian].

Grechukha, V., & Otych, D. (2020). Vplyv neyroplastychnosti nervovoyi systemy na rozvytok osobystosti u pidlitkovomu vitsi [The influence of neuroplasticity of the nervous system on the development of personality in adolescence]. *Naukovyy chasopys NPU imeni M.P. Drahomanova. Seriya 12. Psykholohichni nauky [Scientific Journal of National Pedagogical Dragomanov University. Series 12. Psychological Sciences]*, 11 (55), 48–56. [https://doi.org/10.31392/NPU-nc.series12.2020.11\(56\).04](https://doi.org/10.31392/NPU-nc.series12.2020.11(56).04) [in Ukrainian].

Dehtyarenko, T.V. (2018). Ontolohiya vyznachennya osnovnykh vlastyvostey nervovoyi systemy lyudyny v kontsepti rozrobky problemy individual'nosti [The ontology of the definition of the main properties of the human nervous system in the concept of developing the problem of individuality]. *Ukrayins'kyi zhurnal medytsyny, biolohiyi ta sportu [Ukrainian Journal of Medicine, Biology and Sport]*, 3, 5 (14), 266–274. <https://doi.org/10.26693/jmbs03.05.266> [in Ukrainian].

Yevropeys'ka konventsyya pro zakhyst domashnykh tvaryn» vid 13.11.1987 r., shcho ratyfikovano: Zakonom Ukrayiny № 578-VII (578-18) vid 18.09.2013 [European Convention on the Protection of Domestic Animals» dated November 13, 1987, ratified by: Law of Ukraine No. 578-VII (578-18) dated September 18, 2013]. [Electronic resource] URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_a15#Text (access date 03.02.2024) [in Ukrainian].

Zakon Ukrayiny. Pro zakhyst tvaryn vid zhorstokoho povodzhennya (Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrayiny (VVR), 2006, № 27, st. 230) [Law of Ukraine No. 3447-IV “About protection of animals from cruelty”. (2006, February)]. [Electronic resource] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3447-15#Text> (access date 05.02.2024) [in Ukrainian].

Karunskyi, O.Y., Makarinskaya, A.V., & Sevastyanov, O.V. (2018). Dynamika pokaznykiv krovi kurchat pry vykorystanni fermentnoho preparatu “Klerizym hranul'ovanyy” v yikh hodivli [Dynamics of blood indicators of chicken at using enzyme preparations “klerizlm granular” in their feeding]. *Zernovi produkty i kombikormy [Grain Products and Mixed Fodder's]*, 18 (2). <https://doi.org/10.15673/gpmf.v18i2.953> [in Ukrainian].

Melnyk, O.O., & Melnyk, M.V. (2017). Biomorfologichni osoblyvosti m'yaziv, diyuchykh na plechovyy suhlob, deyakykh predstavnykiv ryadu horobtsepodibnykh – Ordo Passeriformes [Biomorphological features of muscles that act on the shoulder joint of some representatives of Order Passeriformes]. *Naukovyy visnyk LNUVMBT imeni S.Z. Gzhyts'koho [Scientific Messenger LNUVMBT named after S.Z. Gzhytskyj]*, 19 (77), 55–59. <https://doi.org/10.15421/nvlvet7713> [in Ukrainian].

Slabyi, O.B. (2017). Yaderno-tsytoplazmatychni vidnoshennya u kardiomiotsytakh ta endoteliotsytakh peredserd' lehenevoho sertsya [Nucleo-cytoplasmatical relations of cardiomyocytes and endotheliocytes of pulmonary heart atrium]. *Zdobutky klinichnoyi ta eksperymental'noyi medytsyny [Achievements of Clinical and Experimental Medicine]*, 4, 103–106. <https://doi.org/10.11603/1811-2471.2016.v0.i4.7089> [in Ukrainian].

Cherniavskyi, A.V. (2019). Dynamika yaderno-tsytoplazmatychnoho vidnoshennya kardiomiotsytivu sertsia shchuriv v rann'omu postnatal'nomu periodi v normi ta eksperymenti [Dynamics of nuclear-cytoplasmic relations in cardiomyocytes in the rat's heart in the early postnatal period in normal conditions and experiment]. *Visnyk Vinnyts'koho natsional'noho medychnoho universytetu [Reports of Vinnytsia National Medical University]*, 23 (1), 89–93. [https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2019-23\(1\)-14](https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2019-23(1)-14) [in Ukrainian].

- Shnurenko, E., Studenok, A., Karpovskiy, V., Trokoz, & V., Postoi, R. (2020). Vplyv tonusu avtonomnoyi nervovoyi systemy na intensyvniost' rostu u kurey [Influence of tone of autonomous nervous system on growth intensity in chickens]. *Naukovi horyzonty [Scientific Horizons]*, 07 (92), 14–18. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-92-7-14-18> [in Ukrainian].
- Agashiwala, R.M., Louis, E.D., Hof, P.R., & Perl, D.P. (2008). A novel approach to non-biased systematic random sampling: a stereologic estimate of Purkinje cells in the human cerebellum. *Brain research*, 1236, 73–78. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2008.07.119> [in English].
- Amore, G., Spoto, G., Ieni, A., Vetri, L., Quatrosi, G., Di Rosa, G., & Nicotera, A.G. (2021). A Focus on the Cerebellum: From Embryogenesis to an Age-Related Clinical Perspective. *Frontiers in systems neuroscience*, 15, 646052. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2021.646052> [in English].
- Garman, R.H. (2011). Histology of the central nervous system. *Toxicologic pathology*, 39 (1), 22–35. <https://doi.org/10.1177/0192623310389621> [in English].
- Herculano-Houzel, S., & Lent, R. (2005). Isotropic fractionator: A simple, rapid method for the quantification of total cell and neuron numbers in the brain. *J. Neurosci*, 25 (10), 2518–2521 [in English].
- Hoxha, E., Balbo, I., Miniaci, M.C., & Tempia, F. (2018). Purkinje Cell Signaling Deficits in Animal Models of Ataxia. *Frontiers in synaptic neuroscience*, 10 (6). <https://doi.org/10.3389/fnsyn.2018.00006> [in English].
- Kang, S.W. (2021). Central Nervous System Associated With Light Perception and Physiological Responses of Birds. *Frontiers in physiology*, 12, 723454. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.723454> [in English].
- Kim, J.A., Sekerková, G., Mugnaini, E., & Martina, M. (2012). Electrophysiological, morphological, and topological properties of two histochemically distinct subpopulations of cerebellar unipolar brush cells. *Cerebellum (London, England)*, 11 (4), 1012–1025. <https://doi.org/10.1007/s12311-012-0380-8> [in English].
- Krastev, D. (2007). Electronmicroscopical investigation of the small neurons in trigeminal ganglion. *Journal of IMAB-Annual Proceeding (Scientific Papers)*, 14 (1), 27–29 [in English].
- Marugán-Lobón, J., Watanabe, A., & Kawabe, S. (2016). Studying avian encephalization with geometric morphometrics. *Journal of anatomy*, 229 (2), 191–203. <https://doi.org/10.1111/joa.12476> [in English].
- Olkowicz, S., Kocourek, M., Luean, R.K., Portes, M., Fitch, W.T., Herculano-Houzel, S., & Nimec, P. (2016). Birds have primate-like numbers of neurons in the forebrain. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 113, 7255–7260. <https://doi.org/10.1073/pnas.1517131113> [in English].
- Rajković, K., Marić, D.L., Milošević, N.T., Jeremic, S., Arsenijević, V.A., & Rajković, N. (2016). Mathematical modeling of the neuron morphology using two dimensional images. *Journal of theoretical biology*, 390, 80–85. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2015.11.019> [in English].
- Ramezani, A., Goudarzi, I., Lashkarboluki, T., Ghorbanian, M.T., Abrari, K., & Elahdadi Salmani, M. (2012). Role of Oxidative Stress in Ethanol-induced Neurotoxicity in the Developing Cerebellum. *Iranian journal of basic medical sciences*, 15 (4), 965–974. <https://doi.org/10.22038/IJBMS.2012.4894> [in English].
- Smaers, J.B., Turner, A.H., Gómez-Robles, A., & Sherwood, C.C. (2018). A cerebellar substrate for cognition evolved multiple times independently in mammals. *eLife*, 7, e35696. <https://doi.org/10.7554/eLife.35696> [in English].
- Sokulskyi, I.M., Goralskyi, L.P., Kolesnik, N.L., Dunaievska, O.F., & Radzikhovskiy, N.L. (2021). Histostructure of the gray matter of the spinal cord in cattle (*Bos Taurus*). *Ukrainian Journal of Veterinary and Agricultural Sciences*, 4 (3), 1–15. <https://doi.org/10.32718/ujvas4-3.02> [in English].
- Sultan, F. (2005). Why some bird brains are larger than others. *Current biology : CB*, 15 (17), R649–R650. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2005.08.043> [in English].
- Voogd, J. (2012). A note on the definition and the development of cerebellar Purkinje cell zones. *Cerebellum (London, England)*, 11 (2), 422–425. <https://doi.org/10.1007/s12311-012-0367-5> [in English].
- Watanabe, A., Balanoff, A.M., Gignac, P.M., Gold, M.E.L., & Norell, M.A. (2021). Novel neuroanatomical integration and scaling define avian brain shape evolution and development. *eLife*, 10, e68809. <https://doi.org/10.7554/eLife.68809> [in English].

Zhang, X.Y., Wang, J.J., & Zhu, J.N. (2016). Cerebellar fastigial nucleus: from anatomic construction to physiological functions. *Cerebellum & ataxias*, 3, 9. <https://doi.org/10.1186/s40673-016-0047-1> [in English].

Отримано: 26.03.2024
Прийнято: 15.04.2024