

УДК: 598. 2:591.481.1

М. В. Березюк – аспірант Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки**Особливості структурної організації мозочка водоплавних птахів***Роботу виконано на кафедрі зоології СНУ
ім. Лесі Українки*

Рухова активність та об'єм м'язової маси – два основні чинники, від яких залежить розвиток мозочка. Будова Cerebellum у водних та навколводних птахів викликає особливий інтерес. Представникам цих груп притаманний міграційний політ, локомоція на поверхні водного плеса та рух по суходолу.

Завданням нашої роботи було дослідити макроморфології мозочка та цитоархітекtonіки його кори у водоплавних та навколводних птахів на прикладі лиски європейської (*Fulica atra* L.), качки-широконіски (*Anas platyrhynchos* L.), чирка-трісхунка (*Anas querquedula* L.). Виявити особливості будови мозочка, пов'язані з середовищем життя, ступенем локомоторної активності, опануванням повітряного простору, адаптацією до польоту.

Дослідження проводилися згідно із загальноприйнятими методиками. Під час роботи було встановлено, що відносна маса головного мозку та мозочка найбільша в чирка. Товщина кори Cerebellum становить 500–369 мкм, а до її складу входить три цитоархітекtonічні шари: молекулярний, гангліїний, зернистий. Прогресивною рисою цитоархітекtonіки цього органа є зменшення розмірів та підвищення щільності нейронів молекулярного та гранулярного шарів.

Ключові слова: птахи, мозочок, кора мозочка, цитоархітекtonічний шар, нейрон.

Березюк М. В. Особенности структурной организации мозжечка водоплавающих птиц. Двигательная активность и объем мышечной массы – главные факторы, которые влияют на развитие мозжечка в филогенезе. Строение Cerebellum в водных и околоводных птиц вызывает особый интерес. Представителям этих групп присущ миграционный полет, локомоция на поверхности водной глади и движение по суше.

Задачей нашей работы было исследовать макроморфологию мозжечка и цитоархитектонику его коры у водоплавающих и околоводных птиц на примере лысухи европейской (*Fulica atra* L.), кряквы (*Anas platyrhynchos* L.), чирка-тресхунка (*Anas querquedula* L.). Определить особенности строения мозжечка связаны со средой жизни, степенью локомоторной активности, овладением воздушным пространством, адаптацией к полету.

Исследования проводились по общепринятым методикам. В ходе работы было установлено, что относительная масса мозга и мозжечка чирка имеет наибольшее значение. Толщина коры Cerebellum составляет 500–369 мкм, а в ее состав входит три цитоархитектонических слоя: молекулярный, ганглийный, слой клеток-зерен. Прогрессивной чертой цитоархитектоники мозжечка есть уменьшение размеров и повышение плотности нейронів молекулярного и гранулярного слоев.

Ключевые слова: птицы, мозжечок, кора мозжечка, цитоархитектоничный слой, нейрон.

Berezyuk M. V. Peculiarities of Structural Organization of the Cerebellum Waterfowl. Physical activity and volume of muscle mass – the two main factors that affect the development of the cerebellum. The structure of the Cerebellum in water and water birds of particular interest. Representatives of these groups is inherent migratory flight, locomotion on the surface of the water stretch and movement on land.

The objective of our work was to investigate makromorfolohiyi cerebellar cortex and its tsytoarhitektoniky in waterfowl and water birds on the example of the (*Fulica atra* L.), (*Anas platyrhynchos* L.), (*Anas querquedula* L.). Identify the structural features of the cerebellum associated with the living environment, the degree of locomotors activity, mastering airspace adaptation for flight.

Research was carried out in accordance with conventional methods. During the work it was found. What is the relative weight of the brain and cerebellum largest in teals. The thickness of the cortex Cerebellum stanovyt 500 –369 microns, and it includes three tsytoarhitektonichni layers: molecular, ganglion ny grainy. Progressive tsytoarhitektoniky feature of this body is to reduce the size and increase the density of neurons in the molecular and granular layers.

Key words: birds, cerebellum, bark of cerebellum, citoarkhitektonichny layer, neuron.

Постановка наукової проблеми та її значення. Мозочок – типова надсегментарна структура, аферентні та еферентні зв'язки якої починаються і закінчуються в інших відділах мозку. У процесі еволюційного розвитку тваринного світу розміри мозочка й обсяг його функцій істотно змінювалися. Він впливає на функції деяких автономних центрів, проте головна його роль – це забезпечення узгодженої рухової активності. Мозочок – головний керівний орган рухової системи, який здійснює координацію і контроль усіх видів рухів – від простих рухових актів до складних форм поведінкової

рухової активності. У зв'язку з освоєнням повітряного середовища локомоція птахів характеризується значною динамікою рухів, що потребує чіткої координації функцій м'язів [1].

Спосіб життя птахів у природних умовах відрізняється руховою активністю, а отже, можна припустити, що зазнає змін і мозочок. Онтогенез ряду гусеподібних (*Anseriformes*) та пастушкоподібних, до яких належать обрані нами види, тісно пов'язаний із водоймами. Однак, крім складних рухів, потрібних для плавання і пірнання, цим птахам притаманний транзитний політ та тривалі міграції (зимують в Африці, південніше Сахари).

Спосіб життя водних птахів та розвиток цідильного апарату створили передумови для вдосконалення рухових актів. Пірнання потребувало узгодженої діяльності і опорно-мязового апарату, і дистантних аналізаторів (особливо органів рівноваги), а відповідно, і їхніх центральних відділів. Полювання чирка відрізняється більшою вправністю та маневреністю. Рух під водою для досягнення рухомої цілі має бути точним. Можна припустити, що розвиток мозочка цих птахів саме тому досягнув високого рівня, що відображено в його високій відносній масі та об'ємі (табл. 1).

Таблиця 1

Результати морфометричних досліджень мозочка птахів

Показник	Чирок	Качка	Лиска європейська
1	2	3	4
	<i>n</i> =5	<i>n</i> =5	<i>n</i> =5
Маса тіла (<i>g</i>)	400±5,1	1100±6,8	700±3,1
Маса головного мозку (<i>g</i>)	3,4±0,03	5,1±0,09	3,6±0,02
Відносна маса головного мозку (% від маси тіла)	0,85	0,46	0,52
Маса мозочка (<i>g</i>)	0,4±0,001	0,6±0,004	0,35±0,002
Відносна маса мозочка (від маси головного мозку, %)	12	11,8	9,7
Середня товщина кори мозочка (<i>мкм</i>)	500±10,1	469±8,3	369,1±9,3
I	271,1	207,7	241,1
<i>Молекулярний шар</i>			
Товщина (<i>мкм</i>)	255±2,4	187,3±1,5	190±2,7
I	138,3	82,9	124,2
<i>Кошикоподібні клітини</i>			
<i>a</i> (<i>мкм</i>)	7,2±0,25	8,7±0,34	8,4±1,7

Закінчення таблиці 1

в (мкм)	5±0,16	5,33±0,15	5,1±0,1
V (мкм ³)	97,9±7,6	135,02±10,9	150,1±2,4
Щільність (у 1 мм ³)	9295,08±390	8954±201	70320±470
Зірчасті клітини			
а (мкм)	6,7±0,3	7,38±0,24	6,1±0,13
в (мкм)	4,11±0,1	4,88±0,11	3,7±0,09
V (мкм ³)	84,3±5,1	97,02±6,5	55±5,1
Щільність (у 1 мм ³)	10914±560	934±7,2	77495,5±253
Показники	Чирок	Качка	Лиска європейська
Гангліїний шар			
Товщина (мкм)	27,2±3,2	39,2±1,5	22,1±1,1
I	14,8	17,1	14,4
Клітини Пуркінє			
а (мкм)	15,7±0,8	18,4±0,7	20,9±0,7
в (мкм)	11,25±0,4	13,1±0,4	11,7±0,5
V (мкм ³)	1044±9,5	1710±14,2	1310,0±15,1
Щільність (у 1 мм ³)	3300±61	1880±3,5	2095±58
Зернистий шар			
Товщина (мкм)	206,6±3,3	215±5,3	157±3,1
I	112	95,5	102,6
Клітини зерна			
а (мкм)	3,15±0,1	3,3±0,08	3,0±0,08
в (мкм)	3,15±0,1	3,3±0,008	3,0±0,08
V (мкм ³)	17,7±2,3	19,8±1,4	15,8±0,9
Щільність (в 1 мм ³)	135844±2208	137991±2103	1415776±4453
Клітини Гольджі			
а (мкм)	11,4±0,5	10,2±0,28	13,0±0,5
в (мкм)	6,9±0,1	6,6±0,12	7,0±0,7
V (мкм ³)	290±5,4	233,9±13,0	287,0±5,1
Щільність (у 1 мм ³)	710±3,1	931±16,7	1092,1±78

Примітка: а – поздовжній діаметр клітини; в – поперечний діаметр клітини; V – об'єм перекаріону; I – відносна величина – індекс, отриманий діленням відносного лінійного показника на корінь кубічний від маси головного мозку.

Аналіз останніх досліджень із цієї проблеми. Детальне дослідження головного мозку ссавців (комахоїдних, рукокрилих, гризунів та приматів) розпочалося в середині ХХ ст. У цей час здійснено успішну спробу еволюційно-екологічної класифікації головного мозку хребетних та пояснення його змін у філогенезі [6; 7]. Найзмістовнішими роботами, присвяченими вивченню макробудови мозку рукокрилих, стали праці Шнайдера, у яких використано метод кутових вимірів та індексів. Уже багато років увагу дослідників привертає нюхова система, оскільки вважається, що дистантні аналізатори сприяли розвитку головного мозку [3; 4]. Відносно мозочка, то в науковій літературі доволі докладно висвітлено загальні особливості його макробудови та мікроморфології в людини [5]. Це пояснюється проблемами медицини. Добре вивчена загальна структурно-функціональна організація різних цитоархітектонічних шарів кори мозочка в типових представників різних класів. Уточнений та доповнений класичний опис будови мозочка зроблено понад 100 років тому. Це стосується, головне, його нейронної організації (структури, класифікації нейронів, характеру галузнення їх відростків і міжклітинних зв'язків, функціонального значення тих чи інших нервових клітин). Однак таким відмінностям у середині кожного класу в літературі не приділено належної уваги. Недостатньо також даних щодо впливу умов життя на особливості будови Cerebellum птахів. Хоча той факт, що клас Aves включає в себе багато екологічних груп із характерними ідіоадаптаціями, загальновідомий.

Формулювання мети та завдань статті. Мета статті – дослідити макроморфологію мозочка та цитоархітектоніку його кори у птахів, що мешкають на водоймах та поблизу; здійснити спробу виявити вплив польоту та пірнання на ускладнення структур Cerebellum.

Завдання:

- вивчити особливості макроморфологічної будови мозочка в птахів, що належать до екологічної групи водних та навколоводних тварин;
- здійснити цитоархітектонічне дослідження кори в лиски європейської, качки ширококоніски та чирка-тріскунка;
- проаналізувати отримані дані в морфо-екологічному аспекті.

Матеріали і методи. Матеріалом для дослідження слугував мозочок качки – 5 екземплярів, чирка – 5 екземплярів, лиски – 5 екземплярів.

Забій тварин, фіксацію матеріалу, виготовлення серійних зрізів та їх фарбування, за Ф. Ніслем, проводили згідно із загальноприйнятими методиками [4].

Масу тіла фіксованих тварин визначали на аналітичних терезах (точність 1,0 мг), а мозочка – на торзійних (точність 0,1 мг).

Товщину кори, її окремих цитоархітектонічних шарів та лінійні розміри нейронів вимірювали гвинтовим окулярним мікрометром МОВ-1-16.

Об'єм нервових клітин визначали за формулою $V = \frac{p}{6} ab^2$, де a — поздовжній діаметр клітини; b – поперечний діаметр клітини.

Щільність нейронів визначали за формулою $N_{VI} = N_{ai}/D_i$, де N_{ai} – кількість нейронів, підрахованих на одиниці площі випадкового зрізу, D_i – середній «тангенційний» діаметр клітини [3].

Оскільки розміри й маса тіла та мозку досліджуваних тварин відрізняються, порівнювали не лінійні показники, а їхні індекси, добуті за формулою $I = \frac{n}{\sqrt[3]{V}}$ (де n – лінійний показник; V – об'єм головного мозку) [3].

Різниця показників вважалася достовірною при $p < 0,05$ за критерієм Стьюдента.

Математичну обробку даних виконували за допомогою програми Excel-2007 на ПК «Celeron-800».

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Основну частину маси мозочка птахів становить тіло мозочка (*corpus cerebelli*) (рис. 1). Вушка мозочка (*auriculae*) чи клапоть (*floculi*) розвинуті слабо. Ця частина – найдревніший функціональний центр. Вона забезпечує рівновагу тіла та пов'язана з внутрішнім вухом [1]. Відносна маса головного мозку та мозочка найбільша в чирка (табл. 1). При цьому різниця показників відносної маси мозочка лиски та двох інших видів досить значна, що може свідчити про меншу складність реакцій останньої. Часто пастушкових у народі називають водяними курочками, оскільки ці тварини ззовні нагадують дрібних куроподібних, а живуть на болотах та окраїнах водойм, що заросли густою травою. Гнізда будують на плаваючих купинах. Літають неохоче, політ перервний.

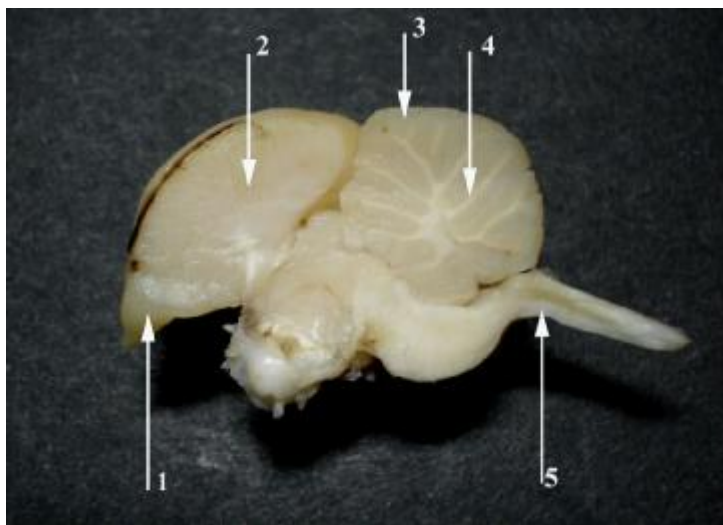


Рис. 1. Поперечний переріз через головний мозок лиски європейської ($\times 5$). 1 – нюхові цибулини; 2 – півкулі мозку; 3 – мозочок; 4 – дерево життя мозочка; 5 – довгастий мозок

Для всіх птахів характерна наявність кори мозочка, яка утворюється в результаті міграції клітин на поверхню. Абсолютна товщина кори водоплавних птахів складає від $500 \pm 10,1$ мкм до $369 \pm 9,3$ мкм, а відносна – від 207 до 271 – відповідно. Весь мозочок поділений численними борознами на десять часточок, які об'єднуються в три частки: передню, середню і задню [1]. На фронтальних зрізах добре видно три цитоархітектонічних шари: зовнішній – молекулярний (*stratum zonale*), середній – гангліїний (*stratum ganglionare*) і внутрішній – зернистий (*stratum granulosum*) (рис. 2). Відносна товщина молекулярного та зернистого шарів, як і кори, більша в чирка. Це забезпечує зростання щільності клітин, що є прогресивною ознакою. Чирки є досить невеликими птахами серед гусеподібних. Маса тіла приблизно 350–400 г дає змогу досягти маневреності в польоті, що відобразилося в морфології мозочка. Товщина кори загалом та цитоархітектонічних шарів неоднакова: на верхівці звивини цей показник вищий, ніж на дні.

Клітини Пуркіньє утворюють межу між молекулярним та зернистими шарами (рис. 2). Розташування клітин в один ряд забезпечує зменшення товщини гангліїного шару. У досліджених видів на фронтальних зрізах помітні місця залягання тіл вищеназваних клітин по кілька, тому середня товщина гангліїного шару перевищує параметри однієї клітини Пуркіньє. Морфометричні показники грушеподібних клітин більші в качки, а щільність, навпаки, – у чирка (табл. 1). Однак прогресивною рисою в цьому разі є не зменшення розмірів та зростання щільності, а кількість клітин-зерен та клітин молекулярного шару, що припадають на одну клітину Пуркіньє. А цей показник безумовно вищий у качки (табл. 1).

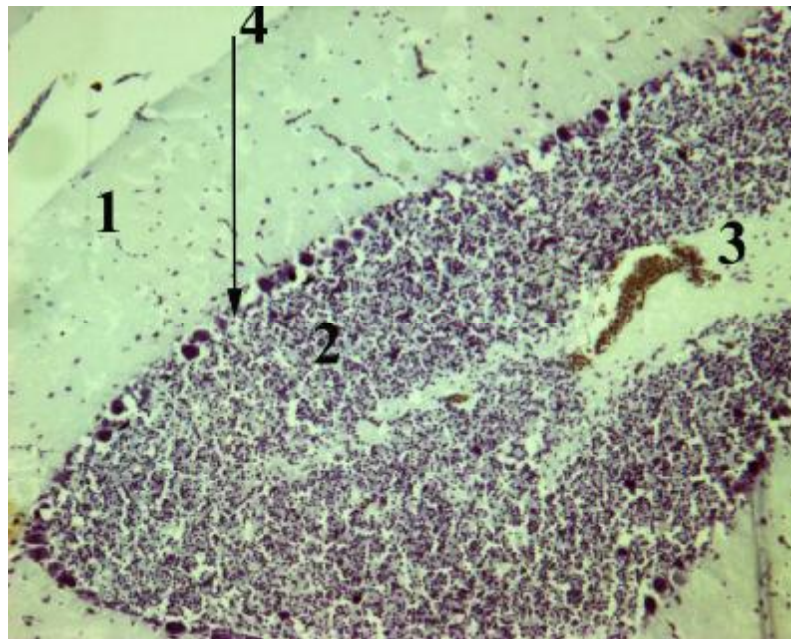


Рис. 2. Кора мозочка качки. Забарвлення за Ніслем ($\times 100$).

1 – молекулярний шар; 2 – зернистий шар; 3 – біла речовина; 4 – гангліїний шар

Клітини молекулярного шару за морфологічними ознаками можна диференціювати на кошикоподібні та зірчасті. Зірчасті клітини сконцентровані, головню, у зовнішніх двох третинах шару [1]. Це мультиполярні нейрони з округлим тілом. Їх відростки галузяться в тій самій площині, що і клітин Пуркіньє. Кошикоподібні клітини розміщуються безпосередньо над клітинами Пуркіньє. Це мультиполярні нейрони неправильної форми (табл. 1).

Зернистий шар дуже багатий на дрібні нейрони округлої форми, які отримали назву клітин-зерен. Розміри клітин-зерен та щільність майже однакова в усіх вивчених видів (табл.1). У зернистому шарі чітко диференційовані клітини Гольджі. Щільність їх найменша в обох досліджуваних видів серед усіх типів клітин мозочка (табл. 1).

Висновки і перспективи подальших досліджень. Відносна маса мозку та мозочка чирка та качки, що належить до водоплавних птахів, більші, ніж цей показник стосовно лиски. Транзитний політ, зимова міграція та пірнання гусеподібних потребує більшої складності рухів та різноманіт-

ності поведінкових актів, ніж у навколводних лисок, що ведуть менш рухливий спосіб життя. Вони є поганими літунами, частіше пересуваються, бігаючи по воді, хоча рух між травами та купинами також потребує координації та сприяє розвитку відповідних центрів

Прогресивними рисами в будові мозочка досліджених видів є зменшення розміри та підвищення щільності нейронів молекулярного та гранулярного шарів, наявність великої кількості звивин та висока відносна маса.

Список використаної літератури

1. Андреева Н. Г. Эволюционная морфология нервной системы позвоночных / Н. Г. Андреева, Д. К. Обухов. – СПб. : Лань, 1999. – 384 с.
2. Автандилов Г. Г. Морфология патологии / Г. Г. Автандилов. – М. : Медицина, 1973. – 248 с.
3. Блинков С. М. Мозг человека в цифрах и таблицах / С. М. Блинков, И. И. Глезер. – Л. : Медицина, 1964. – 471 с.
4. Звегенцева Е. Г. О стереологическом методе определения поверхности неокортекса млекопитающих / Е. Г. Звегенцева, Л. И. Малофеева // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1971. – № 12. – С. 57–61.
5. Начала физиологии : учебник для вузов / под ред. А. Д. Ноздрачева – СПб. : Лань, 2001. – 1088 с.
6. Савельев С. В. Сравнительная анатомия нервной системы позвоночных / С. В. Савельев. – М. : ГЕОТАР-МЕД, 2001. – 272 с.
7. Сепп Е. К. История развития нервной системы позвоночных / Е. К. Сепп. – М. : Медгиз, 1949. – 422 с.

Стаття надійшла до редколегії
30.01.2013 р.