

УДК 591.481.1:598.2

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЦИТОАРХІТЕКТОНІКИ КОРИ МОЗОЧКА ДЕЯКИХ ПТАХІВ ЗІ СТІМКИМ ПОЛЬОТОМ ТА МОРСЬКИХ ПІРНАЮЧИХ ПТАХІВ

М. В. Березюк

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки,
просп. Волі, 13, Луцьк, 43025, Україна

У філогенезі тваринного світу загальний план будови мозочка хребетних змінюється мало, з'являються лише відмінності характерні для кожного класу. Гістологічний склад різних частин *Cerebellum* також, зазвичай, стабільний [3]. Уже в мозочку круглоротих можна виявити клітини, які є прекурсорами основних типів нейронів кори мозочка хребетних. У той час, як загальна схема макро- та мікроморфології *Cerebellum* описана для типових представників усіх класів, відмінностям будови цього органа у різних екологічних груп тварин в середині класу не приділяється достатньої уваги [1].

Оскільки мозочок – це центральний відділ контролю та координації рухової активності, то вивчення цього органу у птахів, як тварин, що опанували повітряний простір, викликає особливий інтерес [3].

Метою нашого дослідження було встановити вплив стрімкого маневреного польоту та плавання на особливості цитоархитектоніки кори мозочка птахів.

У зв'язку з цим, були обрані наступні об'єкти дослідження:

- ластівка сільська (*Hirundo rustica*) є вправним літуном. Будова крила, довгі махові та хвостові пера дозволяють маневрувати у польоті: різко змінювати напрям та швидкість руху, уникати раптових перешкод, полювати у повітрі на дрібних комах. Однак, їхні слабкі, вкорочені задні кінцівки не призначені для руху суходолом.

- шуліка рудий (*Milvus milvus*) належить до хижих птахів, полювання яких характеризується використанням кількох типів польоту: планерування, піке, ширяння, прямолінійний рух та зависання у повітрі. Переслідуючи здобич, соколоподібні можуть розвивати швидкість до 65 км/год., а під час падіння на неї з висоти – понад 200 км/год.

- пінгвін малий (*Eudyptula minor*) по суші ходить незграбно, проте у морі пірнає на глибину до 70 м. та плаває зі швидкістю 5-6 км/год, обертаючи ласти у плечовому суглобі майже гвинтоподібно. До добре розвиненого кіля грудини прикріплені масивні грудні м'язи, що складають близько чверті всієї маси тіла (це значно більше, ніж у багатьох літаючих птахів). Фактично цей вид «літає» під водою.

Дослідження проводились згідно загальноприйнятих методик [2].

Для стандартизації отриманих даних ми аналізували не лише абсолютні показники, а й індекси, що були добуті шляхом ділення відповідного лінійного показника на корінь кубічний від маси головного мозку птаха.

Кора мозочка птахів утворюється в результаті міграції клітин до поверхні мозочка [3]. Максимальна її товщина в усіх досліджених видів на верхівці звивини, а мінімальна – на її дні. Середнє значення показника відносної товщини кори мозочка зростає у такій послідовності: пінгвін малий (165), ластівка сільська (274), шуліка рудий (299). Інтенсифікація функції органа відбувається за рахунок збільшення кількості робочих елементів, в даному випадку – нейронів. Логічно припустити, що у товстішому шарі кори їх кількість буде більшою. Однак, це не єдиний шлях. У мозочку пінгвіна кількість вторинних листків, на які ділиться його кора вторинними і третинними щілинами, більша ніж у шуліки, а часточки *Cerebellum* ластівки мають гладеньку поверхню. Утворення додаткових звивин сприятиме збільшенню відносної площі кори мозочка, а отже і зростанню кількості її структурних елементів [3]. Таким чином, не можна однозначно стверджувати, що збільшення товщини кори прямопропорційно пов'язане із складністю локомоторних реакцій конкретного виду.

Кора мозочка досліджуваних видів має тришарову будову і включає молекулярний, гангліїний та зернистий шари. Молекулярний шар – найбільш поверхневий, утворений тілами кошикоподібних і зірчастих клітин. Кошикоподібні клітини називаються так через властивість посилати численні відростки до клітин гангліїного шару [1]. Навколо перикаріонів останніх зі сплетінь колатералей аксонів кошикоподібних клітин формуються характерні утвори, так звані кошики мозочка. Зірчасті клітини молекулярного шару подібні до кошикоподібних, проте менші за розмірами та розташовані ближче до поверхні кори [3]. Нейрони молекулярного шару кори мозочка забезпечують асоціативну функцію, здійснюючи гальмівний вплив на клітини гангліїного шару. Об'єми перикаріонів (в мкм^3) зірчастих та кошикоподібних клітин, відповідно, зменшуються у наступній послідовності: шуліка (103,3 \pm 5,1; 252,3 \pm 8), пінгвін (87,3 \pm 5,0; 102,13 \pm 10), ластівка (46,2 \pm 8,4; 68,44 \pm 11), а щільність, навпаки – зростає.

Другий – гангліїний шар мозочка, утворений одним рядом великих нейронів грушоподібної форми – грушоподібних нейронів, або клітин Пуркінє. Розміри їх найбільші у шуліки (2595 \pm 51 мкм^3), а найменші – у ластівки (900 \pm 14 мкм^3). У шуліки максимальний об'єм перикаріонів клітин Пуркінє спостерігається на верхівках звивин кори, а мінімальний – на їх дні. Відрізняється також і їх форма. Клітини дна звивини мають більший поздовжній діаметр, тому їх форма наближається до веретеноподібної. Від звуженої верхівки клітин Пуркінє відходять 2-3 дендрити, які проникають у

молекулярний шар кори. Аксони клітин Пуркінє формують єдиний еферентний шлях від кори мозочка до його ядер [3]. Зі збільшенням об'єму перикаріонів, щільність грушоподібних клітин в 1 мм^3 зменшується і становить 31941 ± 25 у ластівки, 17110 ± 46 – пінгвіна, 9533 ± 41 – шуліки. У всіх вищезгаданих птахів ці клітини розташовані щільніше у верхівках звивин кори, ніж на їх дні. Фактично, грушоподібні нейрони – основна функціональна ланка кори мозочка, на забезпечення нормальної діяльності якої спрямована активність усіх інших клітинних елементів кори [3]. Саме вони є «вузьким місцем» виведення інформації від *Cerebellum* [3]. Логічно припустити, що зі зростанням щільності це «вузьке місце» «розшириться». Однак, опираючись на дані інших авторів та наші попередні дослідження, можна зробити висновок, що зі збільшенням розміру перикаріону, зростатиме число контактів однієї клітини Пуркінє із паралельними волокнами, а отже одна грушоподібна клітина буде отримувати та інтегрувати інформацію від більшої кількості клітин зерен [3].

Зернистий шар є найглибшим шаром кори мозочка, який безпосередньо прилягає до білої речовини. У ньому містяться клітини-зерна та клітини Гольджі [1]. До кори мозочка збуджувальні аферентні впливи надходять по мохоподібних і ліаноподібних волокнах. Дендрити клітин-зерен, утворюючи синапси з мохоподібними волокнами, формують так звані клубочки мозочка. Аксони клітин-зерен проходять у молекулярний шар і там розгалужуються на дві гілки, які йдуть паралельно поверхні за ходом звивин мозочка (так звані паралельні волокна), утворюючи численні синапси з дендритами грушоподібних, кошикоподібних і зірчастих нейронів. Таким чином, по аксонах клітин-зерен збуджувальні впливи від мохоподібних волокон передаються багатьом грушоподібним клітинам. Закінчення дендритів клітин-зерен утворюють характерні розгалуження, що за формою нагадують лапки птаха [1]. Найдрібніші клітини-зерна виявлені нами у ластівки ($9,1 \pm 1,6 \text{ мкм}^3$), їх щільність складає 2138930 ± 1537 в 1 мм^3 . Найкрупніші клітини цього типу у шуліки ($27,7 \pm 0,5 \text{ мкм}^3$), їх щільність у цього виду складає – 1000007 ± 208 в 1 мм^3 .

Щодо клітин Гольджі, то за формою вони нагадують клітини Пуркінє, хоча розміри їх значно менші ($572\text{-}297 \text{ мкм}^3$). Ці клітини є інгібіторними нейронами кори мозочка [3]. Їх дендрити проникають у молекулярний шар і отримують імпульси від паралельних волокон, а аксони беруть участь у формуванні клубочків [1]. Кількість клітин Гольджі найменша серед усіх типів нейронів кори *Cerebellum*. Серед досліджуваних видів їх щільність найвища у сокола (4931 ± 51 в 1 мм^3), а у пінгвіна та ластівки цей показник складає $3296,0 \pm 99,0$ та $2564,0 \pm 95,0$ в 1 мм^3 , відповідно.

Таким чином, результати досліджень дозволяють зробити висновок, що маневрений політ ластівки та сокола і пірнання та плавання пінгвінів впливають на особливості будови кори мозочка.

Спільними рисами цитоархітекtonіки *Cerebellum* перерахованих видів є зменшення розмірів клітин молекулярного й зернистого шарів та зростання їх щільності. Це, на нашу думку, збільшує робочий потенціал мозочка, дозволяючи ускладнювати гамму рухових реакцій. Зі зростанням розмірів грушоподібних клітин, їх щільність у ганглійному шарі зменшується. Це також є прогресивною ознакою, оскільки перикаріони однієї клітини Пуркін'є в такому випадку можуть отримувати та інтегрувати інформацію від більшої кількості клітин-зерен.

Література

1. Андреева Н. Г. Эволюционная морфология нервной системы позвоночных: учебник для вузов / Н. Г. Андреева, Д. К. Обухов. – Санкт-Петербург: Лань, 1999. – 384 с.
2. Краткий курс гистологической техники / Д. Э. Коржевский. – Санкт-Петербург: Крофт, 2005. – 46 с.
3. Iwaniuk A. N. A multivariate analysis of cerebrotypes in birds / A. N. Iwaniuk, P. L. Hurd. // *Brain Behav Evol.* – 2005. – Vol. 6, № 5. – P. 215–230.