

УДК:691.08.48:598.2

**ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРИ СКЕЛЕТА КІНЦІВОК ПТАХІВ У
ПОСТНАТАЛЬНОМУ ПЕРІОДІ ОНТОГЕНЕЗУ ТА МЕТОДІВ
МОРФОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

***О. С. ПАСНІЧЕНКО, аспірант ,
С. А. ТКАЧУК, доктор ветеринарних наук,
професор Національний університет
біоресурсів і природокористування України***

*За допомогою аналізу вітчизняної та зарубіжної літератури
з'ясовано особливості макро- та мікроструктури скелета кінцівок*

Науковий керівник: доктор ветеринарних наук, професор С. А. Ткачук

© С. А. Ткачук, О.С. Пасніченко, 2015

птахів і пов'язані з цим підходи до оцінки особливостей морфологічних досліджень. Під час дослідження трубчастих кісток свійської птиці можна застосовувати загальноприйняті методи морфологічних досліджень, а також алометричний аналіз, метод гістоморфометрії та рентгенологічну денситометрію.

Птахи, трубчасті кістки, крило, тазова кінцівка, тип локомоції, постнатальний період онтогенезу, алометрия, гістоморфометрія, рентгенологічна денситометрія

Вченими-морфологами вже доведена залежність форми, лінійних розмірів та структури від функціональної (локомоторної) здатності скелета кінцівок ссавців та птахів [1–3]. Вікова динаміка органів локомоції свійської птиці, зокрема, скелет кінцівок вивчені та висвітлені в літературі недостатньо.

Ріст трубчастих кісток у постнатальному періоді онтогенезу відбувається нерівномірно у різних видів тварин [20]. Він має хвилюподібний характер (на фоні загального зниження росту відмічаються періоди його підсилення). На прикладі цесарок встановлено, що найбільша напруженість росту скелета відбувається в перший місяць життя, а найменша – в 5-6 місяців [2].

Відповідно до сучасних уявлень як організм в цілому, так і окремі його структури послідовно проходять стадії розвитку (дозрівання), стабілізації та інволюції. Наявність в онтогенезі стадії стабілізації є умовним, оскільки на цій стадії біологічні структури знаходяться під дією змін, що пов'язані з необхідністю безперервної регенерації структур на всіх рівнях і адаптації до мінливих умов середовища (механічного навантаження, мінерального обміну в організмі, у зв'язку із загибеллю остеоцитів). Повторні цикли ремоделювання змінюють структуру кісток і ступінь змін залежить від кількості цих циклів. Усі процеси вікових змін організму розвиваються у відповідності до закономірностей гетерохронії, гетеротопії та гетерометрії [6].

Кісткова тканина є особливою формою сполучної тканини із вапнованою міжклітинною речовиною. Вона є живою тканиною, в якій відбувається постійне внутрішнє руйнування і відновлення біохімічних та структурних компонентів. Тобто, така структура реагує на зміни зовнішнього та внутрішнього середовища [4,5].

Тому, без фундаментальних знань закономірностей розвитку організмів і, зокрема, їх локомоторного апарату не можливо раціонально керувати процесами адаптації тварин, особливо за умов обмеженої рухливості та зміненої біомеханіки, а також за умов екологічного середовища проживання, яке швидко змінюється. Виходячи з цього, дослідження морфологічних основ скелета кінцівок та сучасних методів дослідження є актуальними, оскільки вони стосуються проблемних питань морфології.

Мета дослідження провести аналіз сучасних вітчизняних і зарубіжних літературних джерел, щодо вивчення особливостей структури скелета кінцівок птахів у постнатальному періоді онтогенезу.

Матеріал і методика дослідження. З метою виявлення особливостей структури скелета кінцівок птахів у постнатальному періоді онтогенезу, було проведено аналіз сучасних вітчизняних і зарубіжних літературних джерел.

Результати дослідження. На структуру та функцію трубчастих кісток впливає спосіб життя тварин. Так, водний спосіб життя лиски відобразився на розмірах крила. Воно коротке, відносна довжина його не тільки менша, ніж у пастушкових, але навіть менша, порівняно з качками і поганками. У пірнаючих птахів довжина кистьової частини крила коротша. Це пояснюється необхідністю досягнення обтікання у воді. В складеному вигляді крило у таких птахів не виходить за межі тулуба. Достатня для польоту довжина крила досягається у них великим розвитком проксимальних частин крила (плечової кістки та кісток передпліччя). У непірнаючих пастушкових співвідношення частин крила інше. У лиски у зв'язку зі швидким бігом зберігається характерна для інших пастушкових відносна довжина цівки [6].

Локомоторна спеціалізація кінцівки відбивається на морфологічній специфіці великогомілкової кістки тварини. Аналіз корелятивних зв'язків морфометричних і біомеханічних параметрів кісток із масою тіла та їх графіків у досліджених видів дає змогу стверджувати наступне: у дрібних тварин спостерігається стійка тенденція, щодо відносного зниження маси і довжини великогомілкової кістки без зменшення біомеханічних показників, що, можливо, є компенсаторною функцією та підтверджує положення про функціональне пристосування кістки, згідно з яким остання має максимально можливу міцність за мінімальної витрати матеріалу [7].

У свійської птиці зменшення рухової активності є фактором адаптації до умов життя. Це призводить до того, що тазові кінцівки пристосовуються до статичних навантажень та помірних поступальних рухів [8].

Будова кістки на мікрорівні достатньо складна і досить ретельно вивчена, матеріали містяться переважно в закордонній літературі [21–24].

Отже, за характером мікроструктури в поперечному перерізі середини діафіза розрізняють три зони: періостальну, мезостальну та ендостальну. Періостальна і ендостальна зони представлені системами зовнішніх та внутрішніх кісткових пластинок, розташованих циркулярно, відносно поздовжньої вісі діафіза. Мезостальна зона – це остеонні структури, в яких кісткові пластинки розташовані циркулярно навколо судинних каналів в декілька шарів [5].

До складу кісткової тканини входять клітини остеобластного ряду: преостеобласти, остецити та клітини моноцитарного ряду: остеобласти [9; 10; 25].

Середина діафіза трубчастої кістки найкраще зберігається протягом тривалого часу і є найбільш стійкою до дії факторів навколишнього середовища [11]. За серединою діафіза трубчастих кісток можна розрізнити типи функціонального призначення кінцівок птахів. Так, у літаючих птахів спостерігається остеонний тип будови компактної кісткової тканини (остеони розташовані окремо). Гаверсові канали

паралельні довжині вісі кістки. На поперечному перерізі представляють коло або еліпс. Птахам, що плавають, належить ретикулярний (сітчастий) тип будови кісткової тканини (сітчастий малюнок, остеони проходять в паралельному або косому напрямі). У бігаючих птахів є циркулярний тип кісткової речовини (остеони злиті, утворюють циркулярну систему у вигляді кола) [26].

Досліджуючи ріст та розвиток трубчастих кісток в онтогенезі дикої та свійської качки Чеканова М.І. встановила, що в 10-ти добовому віці спостерігається волокниста будова кісткової речовини з великою кількістю судинних каналів, які відрізняються за формою та величиною. В 3-6 місяців спостерігається пластинчаста будова кісткової речовини. Генеральні пластинки пронизані великою кількістю фолькманівських каналів. Визначено 4 типи розташування остеонів у компактній речовині середини діафіза: шарами; острівцями; розсіяно; почергово з циркулярно-паралельними структурами.

Ведуча гістоархітекtonіка будови компактної кісткової тканини у свійської качки – циркулярно-паралельна. В 3-місячному віці у великогомілкової кістці остеони мають 3 пластинки (в інших кістках – одна чи дві пластинки), в річному віці – 6 кісткових пластинок. В місцях прикріплення м'язів відмічається більша кількість остеонів, що важливо під час пересування птахів. У компактній кістковій тканині трубчастих кісток дикої качки (крякви) спостерігається велика кількість порожнин та великий розмір судинних каналів. Наявність порожнин існує для полегшення кісток, що важливо під час пересування диких птахів [12].

Потрібно зазначити, що мозкова (медулярна) кісткова тканина формується у порожнині кістки на початку статевої зрілості птахів жіночої статі. У медулярній кістковій тканині багато остеобластів і остеокластів, а їх активність змінюється залежно від циклу несучості. Медулярна кістка утворюється в порожнині кісткового мозку у формі дрібних трабекул, які розміщені між його судинами. В структурі медулярної кісткової речовини є ряд особливостей: колагенові фібрили розташовуються менш щільно, розмір остеоцитів збільшений, а гаверсові канали відсутні. У зв'язку з цим медулярна кісткова речовина отримала назву фолікулярної кістки [15].

Загальною біологічною закономірністю морфо-функціонального статусу кісткової системи новонароджених ссавців і птахів є її висока відносна маса, яка коливається в межах від 19,5 до 21,5 %. У курчат курки свійської на рентгенограмах кісткових органів виявляють тільки діафізарні (основні) центри окостеніння.

У курчат основним показником ступеня остеогенезу трубчастих кісток та часу реалізації стато-локомоторних актів після народження є довжина заплесно-плеснової кістки [14].

Одним із сучасних методів дослідження є застосування принципу алометричної оцінки, який дає змогу встановити критерії росту та розвитку систем органів у живому організмі [15], що пов'язані з масою тіла. Динаміка маси тіла протягом постнатального періоду онтогенезу впливає на ріст та розвиток різних систем організму, зокрема на скелет

кінцівок. Оцінити ступінь цієї дії можливо застосовуючи багатомірні алометричні моделі, які визнано потенційно необхідними для інтерпретації онтогенетичних зразків та філогенетичних тенденцій [27].

З аналізу літератури видно, що птахи, як об'єкт для алометричних досліджень, використовувались рідко [22].

Алометричні співвідношення стосуються не тільки морфологічної ознаки та маси тіла, а також будь-якої морфологічної ознаки і віку птиці. Тісний корелятивний зв'язок ($R=0,984$) отримано в досліді за співставлення вмісту кальцію, фосфору і золи в трубчастій кістці (великогомілковій) та віку курчат-бройлерів [31]. Дослідження відносного або алометричного росту передбачає отримання лінійної апроксимаційної функції вигляду $y=ax^b$ [28]. Існують також й інші математичні ростові функції: загальна функція Річардса, нелінійні, 4-параметричні моделі, 4-параметричні детерміністичні моделі росту, які отримані із «квадратичного закону пригніченого експоненціального росту» і інші. Вчені працюють над тим, щоб застосувати різні форми ростової кривої з різними критеріями вибору, включаючи пропорції, масу тіла та ступінь зрілості організму [30].

Під час дослідження кісток крила у дрібних птахів можна застосовувати метод рентгенологічної денситометрії, який дає змогу не тільки виявити архітекtonіку, але й визначити відносну щільність кісткової тканини у числових показниках. Гістоархітекtonіка кісток вільної грудної кінцівки у птахів має особливості залежно від функціонального навантаження, обумовленого типом польоту. Рентгенологічна денситометрія – це об'єктивний (кількісний) метод оцінки щільності кісткової тканини за допомогою медичної апаратури. Даний метод досліджень застосовується у стоматологічній практиці та під час діагностики остеопорозу. В його основу покладено принцип ослаблення низькоінтенсивного рентгенівського випромінювання під час проходження крізь кісткові структури, що дає можливість визначити поверхневу мінеральну щільність кісткової тканини. Програма вибудовує гістограми досліджуваної ділянки знімка, що дозволяє отримати чисельні значення відносно щільності досліджуваної ділянки кістки. Застосування даного методу в морфології, особливо під час дослідження архітекtonіки дрібних кісток, дозволить найбільш повно вивчити зміни, які проходять у кістковій тканині в нормі та за патології [30]. Мінеральну щільність кісткової тканини (МЩКТ) тварин визначають методом двоенергетичної рентгенабсорбціометрії на рентгенденситометрі PRODIGY (GE MEDICAL SYSTEMS, LUNAR model 8743, 2005, США) за програмою SMALL ANIMAL BODY. МЩКТ визначалась у $г/см^2$ на рівні всього тіла та окремих ділянок – голова, передні та задні кінцівки [31].

Висновки

1. За сучасними літературними даними з'ясовані особливості макро- і мікроструктуру кісткової тканини трубчастих кісток, відмінності у будові відділів скелета кінцівок у різних видів птахів залежно від типу локомоції у постнатальний період онтогенезу.

2. Під час дослідження трубчастих кісток свійської птиці можна застосовувати загальноприйняті методи морфологічних досліджень, а також алометричний аналіз, метод гістоморфометрії і рентгенологічну денситометрію.

Список літератури

1. Гамбарян В. П. Бег млекопитающих: приспособительные особенности органов движения / В. П. Гамбарян – Л.: Наука, 1972. – 336 с.
2. Куликов Е. В. Морфохимическая характеристика скелета цесарок в постэмбриональном онтогенезе: автореф. дис. ... канд. биол. наук: спец. / Куликов Е. В. – Саранск, 2004. – 18 с.
3. Пиголкин Ю. И. Значение принципов возрастной морфологии для судебной антропологии / Ю. И. Пиголкин, Н. Н. Гончарова, М. В. Федулова // Судебно-медицинская экспертиза. – М.: Медицина, 2003, №4. – С. 47–49.
4. Бруско А. Т. Біомеханічні умови фізіологічної перебудови кісток / А. Т. Бруско // Проблеми остеології. – 2006. – Т. 9. – С. 30–31.
5. Тілахун Г. Є. Стан кісткової тканини у деяких тварин в залежності від виду, віку та умов утримання: автореф. дис. ... канд. вет. наук: спец. – 16.00.02 «Патологія, онкологія і морфологія тварин» / Тілахун Г. Є. – К., 2000. – 17 с.
6. Якоби В. Э. Функциональная морфология птиц / В. Э. Якоби, Н. В. Кокшайский, Т. Л. Бородулина – М.: «Наука», 1964. – С. 67-80.
7. Брошко Є. О. Структурні та біомеханічні особливості великогомілкової кістки деяких наземних хребетних / Є. О. Брошко // Науковий вісник НУБІП України. Серія: ветеринарна медицина, якість і безпека продукції тваринництва. – 2013. – Вип. 188. – Ч. 1. – С.72-79.
8. Ткачук С. А. Алометрия моментів інерції трубчастих кісток у постнатальному періоді онтогенезу курчат-бройлерів кросу СОВВ-500 / С. А. Ткачук // Ефективне тваринництво. – 2009. – № 10. – С. 37–38.
9. Ревелл П. А. Патология костной ткани / П. А. Ревелл – М.: Медицина, 1993. – 386 с.
10. Хэм А. Костная ткань / А. Хэм, Д. Кормак // Гистология. – М.: Мир, 1983. – Т. 3. – С. 19–131.
11. Пиголкин Ю. И. Судебно-медицинское определение возраста / Ю. И. Пиголкин, М. В. Федулова, Н. Н. Гончарова. – М., 2006. – С. 11–131.
12. Чеканова М. И. Гистоархитектоника компактного вещества костей конечностей утки, ее возрастные и регионарные особенности: дис. ... кандидата биол. наук: 16.00.02 / Чеканова Мария Игнатьевна. – К., 1961. – 156 с.
13. Имангулов Ш. А. Рост и развитие костей птицы / Ш. А. Имангулов, Т. Т. Папазян, А. Ш. Кавтарашвили // Ефективне птахівництво. – 2009. – № 10. – С. 31–36.
14. Криштофорова Б. В. Морфофункціональний статус кісткової системи новонароджених ссавців та птахів у взаємозв'язку з їх життєздатністю / Б. В. Криштофорова // Науковий вісник НУБІП України. Серія: ветеринарна медицина, якість і безпека продукції тваринництва. – К., 2013. – Вип. 188. – Ч. 3. – С. 77–83.
15. Карпенко Е. А. Гистоархитектоника костей свободной грудной конечности совы ушастой / Е. А. Карпенко // Науковий вісник НУБІП України. Серія: ветеринарна медицина, якість і безпека продукції тваринництва. – К., 2013. – Вип. 188. – Ч. 1. – С. 166–172.

16. Олійник О. Б. Особливості втрати мінеральної щільності кісткової тканини в самок щурів при експериментальному тиреотоксикозі та можливі шляхи її корекції / О. Б. Олійник, В. В. Поворознюк // Проблеми остеології: науково-практичний журнал. – 2011. – Т. 14. – № 1. – С. 14–17.
17. Олійник О.Б. Особливості втрати мінеральної щільності кісткової тканини в самок щурів при експериментальному тиреотоксикозі та можливі шляхи її корекції / О. Б. Олійник, В. В. Поворознюк // Проблеми остеології: науково-практичний журнал. – 2011. – Т. 14. – № 1. – С. 14–17.
18. Grunwalts C. H. The wings of insects and birds as mechanical oscillators / C. H. Grunwalts // Proc. amer. phil. Soc. – 1998. – Vol. 104. – P. 605–611.
19. Harris J. E. Vertebrata locomotion / J. E. Harris // Nature. – 1997. – Vol. 189, № 4759. — P. 97–98.
20. Herman P. Effective limb length and the scaling of locomotor cost in terrestrial animals / P. Herman // Journal of Experimental Biology. – 2007. – Vol. 210. – P. 1752–1761.
21. Manolagas S. C. Birth and death of bone cells: basic regulatory mechanisms and implications for the pathogenesis and treatment of osteoporosis / S.C. Manolagas // Endocrine Reviews. – 2000. – Vol. 21, № 2. – P. 115–137.
22. Gerber H. P. Angiogenesis and bone growth / H. P. Gerber, N. Ferrara // Trends Cardiovasc. Med. – 2000. – Vol. 10. – P. 223–228.
23. McGarry J. G. The effect of cytoskeleton disruption on pulsative fluid flow – induced nitric oxide and prostaglandin E2 release in osteocytes and osteoblasts / J. G. McGarry, J. Klein-Nulend, P. J. Prendergast // Biochem. and biophys. res. commun. – 2005. – Vol. 330, № 3. – P. 341–348.
24. Le Cras T. Nitric oxide production in hypoxia / T. Le Cras, I. F. Mc Murtry / Am. J. Physiol. – 2001. – Vol. 280, № 4. – P. 575–582.
25. Bresford J. Osteogenic stem cells and the stromal system of bone and marrow / J. Bresford // Clin. Orthop. – 1989. – № 240. – P. 270–280.
26. Vidacs I. Typen der mikroskopischen Knochenstruktur der vogel / I. Vidacs // Aquila. – 1956 – № 2. – S. 31–34.
27. Gayon A. History of the Concept of Allometry / A. Gayon // J. amer. zool. – 2000. – Vol. 40. – P.748–758.
28. Houck M. A Allometric scaling in the Earliest Archaeopteryx lithographic / M. A. Houck, J. A. Gauthier, R. E. Strauss // Science. – 1990. – Vol. 247. – N 4939. – P. 95–198.
29. Hyankova L. Divergent selection for shape of growth curve in Japanese quail / L. Hyankova, H. Knizetova, L. Dedkova, J. Hort // Br. Poult. Sci. – 2005. – Vol. 42. – P. 583–589.
30. Maruyama K. Growth curve analyses in selected duck lines / K. Maruyama, B. Vinyard, M. K. Akbar, D. I. Shafer, C. M. Turk // Br. Poult. Sci. – 2001. – Vol. 42. – P. 574–582.
31. Skinner J. T. Allometric bone development in floor-reared broilers / J. T. Skinner, P. W. Waldroup // J. Appl. Poultry Res. – 1995. – Vol. 4. – P. 265–270.

С помощью анализа отечественной и зарубежной литературы выяснены особенности макро- и микроструктуры скелета конечностей птиц и связанные с этим подходы к оценке особенностей морфологических исследований. В ходе исследования трубчатых костей домашней птицы можно применять общепринятые методы морфологических исследований, а также аллометрический анализ, метод гистоморфометрии и рентгенологическую денситометрию.

Птицы, трубчатые кости, крыло, тазовая конечность, тип локомоции, постнатальный период онтогенеза, аллометрия, гистоморфометрия, рентгенологическая денситометрия

The analysis of national and foreign literature revealed features of macro- and microstructure of limb skeleton in birds and related approaches to the peculiarities of morphological studies. During the study of poultry bones can be used conventional methods of morphological studies, and allometrical analysis method histomorphometry and X-ray densitometry.

Birds, bones, wing, pelvic limb, type of locomotion, postnatal ontogenesis, allometry, histomorphometry, X-ray densitometry