

Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.

Серія: Ветеринарні науки

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.

Series: Veterinary sciences

ISSN 2518-7554 print

ISSN 2518-1327 online

doi: 10.32718/nvlvet11408

<https://nvlvet.com.ua/index.php/journal>

UDC 619:616:591.473:616.341:636.5

Influence of autonomous regulation type on the connective tissue content in the muscular membrane of the chickens' small intestine

A. M. Tybinka✉

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Ukraine

Article info

Received 27.03.2024

Received in revised form

29.04.2024

Accepted 30.04.2024

Stepan Gzhytskyi National
University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies Lviv,
Pekarska Str., 50, Lviv,
79010, Ukraine.
Tel.: +38-067-353-03-20
E-mail: a.m.tybinka@gmail.com

Tybinka, A. M. (2024). Influence of autonomous regulation type on the connective tissue content in the muscular membrane of the chickens' small intestine. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences, 26(114), 43–52. doi: 10.32718/nvlvet11408

The relationship between the small intestine's muscular membrane structure of chickens and the autonomous regulation type was investigated. Based on electrocardiographic and variational pulsometric studies, adult laying hens of the Isa-Brown breed were divided into two groups: sympathotonic (ST) and sympatho-normotonic (ST-NT). The volume of individual layers and the entire muscle membrane, as well as the volume of connective tissue fibers located in it, was determined in the small intestine of the hens. In general, the relationship between morphological parameters and the autonomous regulation type is similar throughout the whole intestine, but it has certain peculiarities in different intestine parts. An increase in the volume of both the circumferential and longitudinal layers of the intestinal muscular membrane accompanies an increase in sympathetic tonus. This pattern is typical for both groups. The ratio between these layers varies along the intestinal wall: the share of the longitudinal layer increases while that of the circumferential layer decreases. Accordingly, the average volume of the entire small intestine's muscular membrane in ST and ST-NT chickens differs by 590.6 mm³, and the total volume by 1771.7 mm³. Increased sympathetic tonus also contributes to a more significant number of collagen fibers in the circular layer of the muscle membrane. In the average values of the small intestine, its superiority over the longitudinal layer is 5.6 % in ST chickens and 3.4 % in ST-NT chickens. Regarding absolute values of elastic fiber volume, no group of birds has a complete advantage along the small intestine. However, the average values of this section are still dominated by ST chickens, which outnumber the other group by 15.3 mm³ in the circumferential layer and by 11.7 mm³ in the longitudinal layer of the muscle membrane. Birds with persistent sympathotonia also have more collagen fibers per 1 mm³ muscle membrane. Regarding average small intestine parameters, ST-NT chickens demonstrate a lower value (0.005 mm³). However, regarding the number of elastic fibers alone, ST-NT chickens already occupy a dominant position, and the difference between the two groups decreases to 0.004 mm³. The established muscle membrane's morphological features indicate its plasticity in adapting the intestinal wall to the autonomous regulation peculiarities.

Key words: sympathotonic chickens, sympatho-normotonic chickens, intestinal muscular membrane, collagen fibers, elastic fibers.

Вплив типу автономної регуляції на вміст сполучної тканини у м'язовій оболонці тонкої кишки курей

A. M. Ти́бінка✉

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

Досліджено зв'язок між структурою м'язової оболонки тонкої кишки курей та типом автономної регуляції. Дорослих курей-несучок кросу "Іза-Браун" методами електрокардіографічного та варіаційно-пульсометричного дослідження розділили на дві групи: курей-симпатотоніків (СТ) та курей-симпто-нормотоніків (СТ-НТ). У тонкій кишці птахів визначили об'єм окремих шарів

та цілої м'язової оболонки, а також об'єм сполучнотканинних волокон, розташованих в ній. Назагал, вздовж тонкої кишки спостерігається схожість зв'язку між морфологічними показниками та типом автономної регуляції, проте в різних кишках він має певні особливості. Підвищення симпатичного тону супроводжується збільшенням об'єму як колового, так і поздовжнього шарів м'язової оболонки кишок. Ця закономірність є властивою для обох груп курей. Співвідношення між цими шарами змінюється вздовж кишкової стінки: частка поздовжнього шару зростає, а колового – зменшується. Відповідно середній об'єм м'язової оболонки всієї тонкої кишки у курей-СТ та СТ-НТ відрізняється на 590,6 мм³, а сумарний об'єм – на 1771,7 мм³. Підвищений симпатичний тонус також сприяє більшій кількості колагенових волокон в коловому шарі м'язової оболонки. У середніх показниках тонкої кишки його перевага над поздовжнім шаром становить 5,6 % – в курей-СТ та 3,4 % – в курей-СТ-НТ. У абсолютних значеннях об'єму еластичних волокон жодна група птахів не має цілковитої переваги вздовж тонкої кишки. Проте, у середніх показниках цього відділу, все ж домінують кури-СТ, які переважають іншу групу птахів на 15,3 мм³ – у коловому шарі та на 11,7 мм³ – у поздовжньому шарі м'язової оболонки. Птахи зі стійкою симпатотонією також мають більшу кількість колагенових волокон в 1 мм³ м'язової оболонки. У середніх показниках тонкої кишки кури-СТ-НТ поступаються їм на 0,005 мм³. Проте, за кількістю лише еластичних волокон, кури-СТ-НТ вже займають домінуюче становище, а різниця між групами птахів зменшується до 0,004 мм³. Встановлені морфологічні особливості м'язової оболонки вказують на її пластичність у пристосуванні кишкової стінки до особливостей автономної регуляції.

Ключові слова: кури-симпатотоніки, кури-симпто-нормотоніки, м'язова оболонка кишечника, колагенові волокна, еластичні волокна.

Вступ

У основі регуляторних впливів автономної нервової системи на різні органи та тканини лежить тонічна активність в її симпатичних та парасимпатичних центрах. Під час онтогенетичного розвитку встановлюються індивідуальні особливості сукупного автономного тону та формується певний тип автономної регуляції. Він проявляється у морфо-функціональних пристосуваннях усіх структур організму, що перебувають під контролем автономної нервової системи (Shah et al., 2010; Kjaer & Jorgensen, 2011; Tybinka et al., 2022). Завдяки цьому налагоджуються міжорганні та міжсистемні взаємодії, що формують місцевий та загальний гомеостаз (Taylor et al., 2014). У кінцевому результаті це відображається на самопочутті тварини, її поведінкових реакціях та відчутті добробуту (Yegani & Korver, 2008; Scanes, 2017).

У курей автономна нервова система здійснює модуляцію функції серцево-судинної системи вже під час ембріонального періоду розвитку. Симпатична та парасимпатична активність досягає постійного рівня на 19 день інкубації (Aubert et al., 2004). Регуляторні впливи поступово поширюються і на інші органи, зокрема кишечник. При цьому, м'язова оболонка є активною структурою кишкової стінки курей. Становлення її анатомічних особливостей в процесі індивідуального розвитку обумовлене генетичними чинниками. М'язова оболонка перебуває у стані динамічної рівноваги та постійно пристосовується до змінних умов середовища, з метою забезпечення оптимальних параметрів травлення (Wali & Kadhim, 2014; Lilburn & Loeffler, 2015). Завдяки цьому, на момент вилуплення кишечник є функціонально зрілим та здатним виконувати свої функції (Sklan, 2001; Uni et al., 2003; China et al., 2017). Визначальний вплив на формування морфо-функціональних характеристик органів травлення (Chevalier et al., 2017) мають закономірності онтогенетичного становлення інтрамуральної нервової системи (Goldstein & Nagy, 2008; Heanue et al., 2016). Усунення регуляторних впливів автономної нервової системи на кишкову стінку призводить до порушення її координованої діяльності. Нервова система кишечника є складною та кількашаровою, поділяючись на підсерозне, міжм'язове, підслизове та слизове спле-

тання, які пов'язані структурно та функціонально (Uesaka et al., 2016; Hao et al., 2016). У курей щільність іннервації та розподіл нервів відрізняються в різних відділах кишкового тракту. При цьому, коловий шар м'язової оболонки містить значну кількість нервів вздовж всього кишечника, а поздовжній шар добре іннервований лише в прямій кишці. Периваскулярне сплетення в основному пов'язане з артеріями (Ali & McLelland, 1978; Fekete & Csoknya, 1987; Doyle et al., 2004). Ентеральна нервова система містить велику кількість нейронів, приблизно від 10⁷ до 10⁸, які за електричними, фармакологічними, гістохімічними, біохімічними та ультраструктурними ознаками, а також на основі механізмів їх дії поділяють більше ніж десять типів (Furness & Costa, 1980; Furness, 2000; Yang et al., 2013).

Тип автономної регуляції впливає на об'єм окремих структурних частин слизової оболонки тонкої кишки курей та об'єм сполучнотканинних волокон, розташованих в ній (Tybinka et al., 2018). Проте, дані показники не досліджено в м'язовій оболонці кишки.

Мета дослідження

Мета дослідження полягає у встановленні зв'язку між типологічними особливостями автономної регуляції та насиченістю окремих шарів м'язової оболонки тонкої кишки курей сполучнотканинними волокнами.

Матеріал і методи досліджень

Дослідну групу сформували з 24 клінічно здорових курей кросу "Іза-Браун", віком 1,5 роки, яких вирощували в умовах птаховничого господарства. Методами електрокардіографічного та варіаційно-пульсометричного досліджень (Baevsky & Chernikova, 2017), встановили індивідуальні особливості тону автономної нервової системи птахів. Це дозволило їх розділити на дві групи по 12 курей в кожній: 1) кури-симпатотоніки (СТ) – характеризувалися вираженням домінуванням симпатичного тону над парасимпатичним; 2) кури-симпто-нормотоніки (СТ-НТ) – домінування симпатичного тону над парасимпатичним було незначним. Евтаназію птахів здійснювали за допомогою інгаляційного передозування хлороформу.

Під час досліджень дотримувалися етичних вимог, що висуваються до роботи з експериментальними тваринами (Директива 2010/63/ЄС, 2010).

Після евтаназії відбирали тонкий відділ кишкового та розділяли його на окремі кишки (дванадцятипалу, порожню та клубову). У кожній з них визначали довжину та периметр (довжину по колу), а також відбирали зразки стінки, які фіксувалися у рідині Буена з подальшим виготовленням парафінових зрізів. З метою виявлення колагенових волокон гістохімії фарбували за методом Ван-Гізона (Mulisch & Welsch, 2010), а для окремого виявлення лише еластичних волокон – за методом Вейгерта (Mulisch & Welsch, 2010).

Дослідження гістологічних препаратів та їх фотофіксацію проводили за допомогою світлового мікроскопа Leica DM-2500 з камерою Leica DFC450C та програмним забезпеченням Leica Application Suite 4.4 (Leica Microsystems GmbH, Німеччина). Для морфометричного дослідження використовували програму Aperio Image Scope (Leica Biosystems, США). При цьому, дослідили товщину як цілої м'язової оболонки, так і її окремих шарів (зовнішнього – поздовжнього та внутрішнього – колового). Враховуючи отримані показники, визначили об'єм всієї м'язової оболонки та окремих її шарів. Також, в складі м'язової оболонки визначили відсотковий вміст колагенових та еластичних волокон. Це здійснили на основі їх оптичної щільності за допомогою програмного забезпечення WCIF ImageJ (WCIF, Канада). На основі цих та попередніх показників, встановили об'єм волокон сполучної тканини.

Середні значення дослідних груп порівнювали за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) з урахуванням поправки Бонферроні. Цифровий матеріал в таблицях та тексті подано у вигляді: $\bar{x} \pm SD$ (де $\bar{x}$ – вибіркове середнє, SD – стандартне відхилення (standart deviation)). Розрахунки проведено з використанням програмного забезпечення StatPlus (AnalystSoft Inc., США). Відмінності між показниками вважали достовірними при $P < 0,05$.

Результати та їх обговорення

При характеристиці об'єму м'язової оболонки та її сполучнотканинних волокон в стінці тонкої кишки, слід зазначити, що визначальний вплив на ці показники має довжина окремих кишків. Відповідно, їх найбільші значення спостерігаються в порожній кишці. У 3–4 рази меншими вони виявилися у дванадцятипалій та клубовій кишках. Поряд з тим, результати морфометричних досліджень вказують на наявність зв'язку між типологічними особливостями автономних впливів та структурою м'язової оболонки тонкої кишки курей. Встановлено, що високий симпатичний тонус курей-СТ обумовлює більший об'єм як колового, так і поздовжнього шарів м'язової оболонки всіх досліджених кишків (табл. 1). При цьому, уздовж кишкової стінки обох груп птахів співвідношення між цими шарами змінюється: частка колового шару зменшується, а поздовжнього – зростає. Вплив типу автоном-

ної регуляції на цей показник фактично не виражений в дванадцятипалій кишці (різниця між групами курей становить 0,2 %), мінімально помітний в порожній кишці (різниця між групами курей становить 1,2 %) та помірно виражений в клубовій кишці (різниця між групами курей становить 3,8 %). Це вказує на зростання чутливості м'язової оболонки до регуляторних впливів автономної нервової системи вздовж тонкої кишки.

Остання закономірність також проявляється і в абсолютних величинах досліджуваного показника. Так, у дванадцятипалій кишці курей-СТ та СТ-НТ відмінності об'єму колового шару м'язової оболонки є не достовірними та становлять 103 мм^3 . У порожній кишці (рис. 1), на фоні суттєвого зростання самого показника, збільшується також і різниця між групами тварин – $901,2 \text{ мм}^3$ ($P < 0,05$). Клубова кишка характеризується суттєво меншим об'ємом колового шару та, відповідно, меншими відмінностями між типами автономної регуляції – $543,6 \text{ мм}^3$ ($P < 0,05$). Середнє та сумарне значення цього показника у курей-СТ та СТ-НТ відрізняються відповідно на 516 мм^3 та $1547,8 \text{ мм}^3$ ($P < 0,05$).

Що до об'єму поздовжнього шару м'язової оболонки, то вздовж всієї тонкої кишки відмінності між типами автономної регуляції залишаються не достовірними. Дванадцятипала кишка містить мінімальні значення в обох групах птиці. Різниця між ними також є мінімальною ($28,2 \text{ мм}^3$). Перехід в порожню кишку супроводжується досягненням як максимальних значень цього показника в курей-СТ та СТ-НТ, так і різниці між ними – $135,6 \text{ мм}^3$. Клубова кишка набуває середніх величин досліджуваного об'єму, а відмінності між ними зменшуються до $60,1 \text{ мм}^3$. За середнім та сумарним показниками тонкої кишки кури-СТ переважають СТ-НТ на $74,6 \text{ мм}^3$ та $223,9 \text{ мм}^3$ відповідно.

Об'єм всієї м'язової оболонки, як сума двох попередніх показників, при обох типах автономного тону-су характеризується мінімальними значеннями в дванадцятипалій кишці. Різниця між ними становить $131,2 \text{ мм}^3$. Стінка порожньої кишки містить максимальний об'єм м'язової оболонки та достовірну різницю між курми-СТ та СТ-НТ – $1036,8 \text{ мм}^3$ ($P < 0,05$). У клубовій кишці досліджуваний показник зменшується до мінімального значення у курей-СТ-НТ, які поступаються іншій групі птахів на $603,7 \text{ мм}^3$ ($P < 0,05$). Середній об'єм м'язової оболонки тонкої кишки у досліджуваних груп птахів відрізняється на $590,6 \text{ мм}^3$, а сумарний об'єм – на $1771,7 \text{ мм}^3$.

Оскільки коловий та поздовжній шари м'язової оболонки доповнюють один одного, формуючи єдину морфо-функціональну цілісність (Gabella, 1985), аналіз особливостей автономних впливів на кожний шар, дозволяє краще зрозуміти роль м'язової оболонки тонкої кишки у адаптаційних процесах, що розвиваються в органах травлення. Це узгоджується з іншими результатами, які доводять, що підвищений симпатичний тонус має стимулюючий вплив не лише на об'єм окремих шарів м'язової оболонки, а й на показники об'єму крипт слизової оболонки (Tybinka et al., 2018).

Таблиця 1

Абсолютні та відносні показники об'єму окремих шарів м'язової оболонки тонкої кишки курей ($x \pm SD$)

Відділ кишечника	Тип АНС	Об'єм колового шару м'язової оболонки, мм ³ (% від цілої м'язової оболонки)	Об'єм поздовжнього шару м'язової оболонки, мм ³	Об'єм всієї м'язової оболонки, мм ³
Дванадцятипала кишка	СТ	1921,1 ± 196,4 (82,0 %)	421,8 ± 31,4 (18 %)	2342,9 ± 214,7
	СТ-НТ	1818,1 ± 172,9 (82,2 %)	393,6 ± 29,8 (17,8 %)	2211,7 ± 189,1
Порожня кишка	СТ	6569,0 ± 383,5 (78,5 %)	1797,7 ± 139,2 (21,5 %)	8366,7 ± 419,3
	СТ-НТ	5667,8 ± 328,3* (77,3 %)	1662,1 ± 114,9 (22,7 %)	7329,9 ± 325,8*
Клубова кишка	СТ	1975,3 ± 127,2 (77,5 %)	572,0 ± 37,5 (22,5 %)	2547,3 ± 158,0
	СТ-НТ	1431,7 ± 85,1* (73,7 %)	511,9 ± 31,3 (26,3 %)	1943,6 ± 132,8*
Середній показник тонкої кишки	СТ	3488,5 ± 295,1 (78,9 %)	930,5 ± 78,8 (21,1 %)	4419,0 ± 347,6
	СТ-НТ	2972,5 ± 239,5 (77,6 %)	855,9 ± 56,9 (22,4 %)	3828,4 ± 312,9
Сумарний показник тонкої кишки	СТ	10465,4 ± 650,4 (78,9 %)	2791,5 ± 184,7 (21,1 %)	13256,9 ± 820,5
	СТ-НТ	8917,6 ± 514,6* (77,6 %)	2567,6 ± 162,1 (22,4 %)	11485,2 ± 694,6

Примітка: * – $P < 0,05$

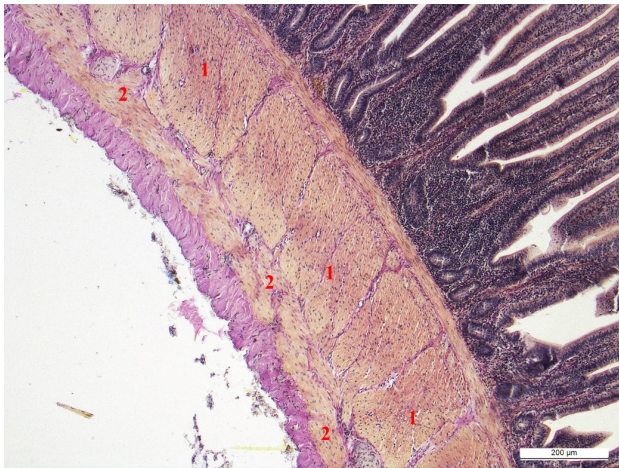


Рис. 1. Стінка порожньої кишки курки-СТ: коловий шар м'язової оболонки (1), поздовжній шар м'язової оболонки (2). Забарвлення за Ван-Гізон

Морфологічні особливості м'язової оболонки, у свою чергу, мають кореляційний зв'язок з функціональними характеристиками кишки. Якщо ж врахувати, що міжм'язове (ауербахівське) нерве сплетення є найпотужнішим сплетенням кишкової стінки, тоді можна припустити, що виявлені закономірності належать до визначальних факторів, які направлені на забезпечення оптимальних параметрів травлення при відповідному типі автономного тонусу.

Отже, загальна структура м'язової оболонки кишкової стінки вздовж всієї тонкої кишки залишається сталою. Проте, окремі її ділянки відрізняються особливостями функціональних завдань, що призводить до зміни їх морфометричних показників. Тобто, формування параметрів травлення при відповідних типах

автономного тонусу характеризується різною морфологічною направленістю. А результати морфометричного аналізу дозволяють зрозуміти шляхи формування цих морфологічних адаптацій.

Невід'ємною частиною м'язової оболонки є її волокнистий сполучнотканинний компонент. Проведені дослідження доводять, що у всій тонкій кишці курей-СТ насиченість колагеновими волокнами колового шару м'язової оболонки є дещо більшою ніж поздовжнього (табл. 2). У дванадцятипалій кишці об'єм колагенових волокон у цих шарах відрізняється на 2,6 %; у порожній кишці – на 6,8 %; у клубовій кишці – на 4,2 %. У курей-СТ-НТ домінування колового шару також спостерігається в дванадцятипалій та порожній кишках, де поздовжній шар поступається відповідно на 2,4 % та 4,8 %. Проте у клубовій кишці на 1,2 % більший об'єм колагенових волокон вже спостерігається в поздовжньому шарі. У середньому та сумарному показниках тонкої кишки поздовжній шар зберігає свою перевагу в обох групах птахів, яка в курей-СТ становить 5,6 %, а СТ-НТ – 3,4 %.

При характеристиці абсолютних показників колагенових волокон, помітно, що в обох шарах м'язової оболонки та в обох групах птахів найбільший їх об'єм містить порожня кишка. Проте, найменший об'єм цих волокон у курей-СТ відповідає дванадцятипалій кишці, а у курей СТ-НТ – клубовій кишці. Назагал, у всій тонкій кишці кури з підвищеним тонусом симпатичних центрів за даним показником переважають птахів з вираженою нормотонією. При цьому, у дванадцятипалій кишці відмінності між групами птахів є найменшими і становлять 8,4 мм³ – в коловому шарі (рис. 2) та 7,6 мм³ – в поздовжньому шарі. У порожній кишці разом зі зростанням значень досліджуваного показника, збільшується і різниця між групами птахів. У ко-

ловому шарі вона сягає 97,9 мм³ ($P < 0,05$), а в поздовжньому (рис. 3) – 70,7 мм³. У клубовій кишці різниця між курами-СТ та СТ-НТ хоча і зменшується на поло-

вину, проте, залишається достовірною. У коловому шарі перша група переважає другу на 42,8 мм³ ($P < 0,05$), а в поздовжньому – на 29,8 мм³ ($P < 0,05$).

Таблиця 2

Показники об'єму колагенових волокон м'язової оболонки тонкої кишки курей ($\bar{x} \pm SD$)

Відділ кишечника	Тип АНС	Об'єм колагенових волокон в коловому шарі м'язової оболонки, мм ³ (% від цілої м'язової оболонки)	Об'єм колагенових волокон в поздовжньому шарі м'язової оболонки, мм ³ (% від цілої м'язової оболонки)	Об'єм колагенових волокон в цілій м'язовій оболонці, мм ³
Дванадцятипала кишка	СТ	115,7 ± 8,9 51,3 %	109,7 ± 7,3 48,7 %	225,4 ± 18,9
	СТ-НТ	107,3 ± 10,2 51,2 %	102,1 ± 7,8 48,8 %	209,4 ± 15,3
Порожня кишка	СТ	511,7 ± 31,5 53,4 %	447,1 ± 32,4 46,6 %	958,8 ± 47,1
	СТ-НТ	413,8 ± 27,0* 52,4 %	376,4 ± 25,9 47,6 %	790,2 ± 36,8*
Клубова кишка	СТ	136,9 ± 10,4 52,1 %	126,0 ± 8,0 47,9 %	262,9 ± 20,6
	СТ-НТ	94,1 ± 6,6* 49,4 %	96,2 ± 6,2* 50,6 %	190,3 ± 15,1*
Середній показник тонкої кишки	СТ	254,8 ± 19,9 52,8 %	227,6 ± 16,5 47,2 %	482,4 ± 32,5
	СТ-НТ	205,1 ± 15,8 51,7 %	191,5 ± 15,6 48,3 %	396,6 ± 23,4*
Сумарний показник тонкої кишки	СТ	764,3 ± 52,3 52,8 %	682,8 ± 33,1 47,2 %	1447,1 ± 75,4
	СТ-НТ	615,2 ± 46,9* 51,7 %	574,7 ± 28,7* 48,3 %	1189,9 ± 69,7*

Примітка: * – $P < 0,05$

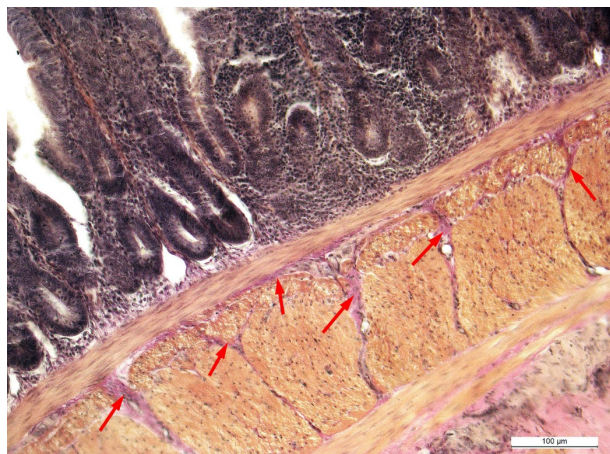


Рис. 2. Колагенові волокна (вказані стрілками) колового шару м'язової оболонки дванадцятипалої кишки курки-СТ. Забарвлення за Ван-Гізона

У величині середнього показника тонкої кишки кури-СТ-НТ поступаються СТ на 49,7 мм³ в коловому шарі та на 36,1 мм³ в поздовжньому шарі. Поряд з тим, у сумарному показнику тонкої кишки відмінності між групами птахів є більш вираженими та достовірними. Перевага курей-СТ становить 149,1 мм³ ($P < 0,05$) – в коловому шарі та 108,1 мм³ ($P < 0,05$).

Характеризуючи об'єм колагенових волокон цілої м'язової оболонки, зрозуміло, що відмінності між окремими кишками проявляються лише у величині домінуючого становища курей симпатотонічного



Рис. 3. Колагенові волокна (вказані стрілками) поздовжнього шару м'язової оболонки порожньої кишки курки-СТ-НТ. Забарвлення за Ван-Гізона

типу автономної регуляції. У дванадцятипалій кишці кури-СТ-НТ поступаються їм на 16 мм³, у порожній кишці – на 168,6 мм³ ($P < 0,05$), у клубовій кишці – на 72,6 мм³ ($P < 0,05$). Середній показник тонкої кишки фіксує відмінність між групами птахів на рівні 85,8 мм³ ($P < 0,05$), а сумарний показник тонкої кишки – на рівні 257,2 мм³ ($P < 0,05$).

Сполучна тканина, утворюючи прошарки між шарами тканин чи окремими групами клітин, з одного боку формує для них міцну основу, що має вигляд стромы, а з іншого боку, об'єднує всі ці структури

різного функціонального призначення в єдину морфо-функціональну цілісність, що називається органом (Orberg et al., 1983). Сполучна тканина є також магістраллю для проходження судин і нервів та місцем накопичення імунних клітин і біологічно активних речовин (Casteleyn et al., 2010; Revajova et al., 2013). Відповідно, назагал, сполучна тканина в цілому та її волокнистий компонент зокрема, є базою для формування трофічного комплексу певної ділянки, що, у свою чергу, забезпечує її гомеостаз (Pandit et al., 2018).

Властивості колагенових волокон кишечнику обумовлені наявністю трьох типів колагену. Тип I є найпоширенішим і займає до 68 %. Друге місце займає тип III (20 %) і на третьому місці – тип V (12 %). При цьому, колагенові волокна утворюють пучки різної товщини, що йдуть паралельно, або розходяться під різними кутами (Graham et al., 1988).

Встановлений нами зв'язок між кількісними показниками сполучнотканинних волокон та типом автономної регуляції вказує на значення сполучної тканини в адаптаційних механізмах кишкової стінки у відповідь на особливості регуляторних впливів з боку автономної нервової системи. Результати досліджень дозволили виявити стимулюючий вплив симпатично-

го тону на об'єм волокон сполучної тканини як у коловому, так і в поздовжньому шарах м'язової оболонки тонкої кишки.

Поряд з об'ємом колагенових волокон м'язової оболонки, також окремо досліджено об'єм еластичних волокон. Отримані результати (табл. 3) вказують на те, що в обох групах птахів об'єм еластичних волокон становить приблизно 80 % об'єму колагенових волокон дванадцятипалої кишки. У інших кишках цей показник знижується до 55–65 %. Особливість дванадцятипалої кишки також полягає в розподілі вказаних волокон між шарами м'язової оболонки. Більша кількість еластичних волокон локалізується у коловому шарі, а менша – у поздовжньому. Різниця між ними становить 5,6 % – у курей-СТ та 6,0 % – в СТ-НТ. У двох інших кишках більша частка еластичних волокон вже міститься в поздовжньому шарі і відмінності між групами птахів дорівнюють 5,0 % – в порожній кишці курей-СТ та 6,6 % – в порожній кишці курей-СТ-НТ. У клубовій кишці вказана різниця становить 2,8 % та 7,6 % відповідно. У середньому та сумарному показниках тонкої кишки за об'ємом еластичних волокон також переважає в поздовжній шар: у курей-СТ – на 2,6 %, а в СТ-НТ – на 4 %.

Таблиця 3

Показники об'єму еластичних волокон м'язової оболонки тонкої кишки курей ($x \pm SD$)

Відділ кишечника	Тип АНС	Об'єм еластичних волокон в коловому шарі м'язової оболонки, мм ³ (% від цілої м'язової оболонки)	Об'єм еластичних волокон в поздовжньому шарі м'язової оболонки, мм ³ (% від цілої м'язової оболонки)	Об'єм еластичних волокон в цілій м'язовій оболонці, мм ³
Дванадцятипала	СТ	99,3 $\pm$ 7,2 52,8 %	88,8 $\pm$ 4,9 47,2 %	188,1 $\pm$ 14,6
	СТ-НТ	100,7 $\pm$ 8,4 53,0 %	89,3 $\pm$ 5,1 47,0 %	190,0 $\pm$ 18,3
Порожня	СТ	295,6 $\pm$ 21,7 47,5 %	326,9 $\pm$ 22,0 52,5 %	622,5 $\pm$ 32,7
	СТ-НТ	268,1 $\pm$ 20,5 46,7 %	305,8 $\pm$ 24,4 53,3 %	573,9 $\pm$ 24,1
Клубова	СТ	79,4 $\pm$ 5,3 48,6 %	83,9 $\pm$ 5,7 51,4 %	163,3 $\pm$ 12,9
	СТ-НТ	59,6 $\pm$ 4,6* 46,2	69,3 $\pm$ 3,3* 53,8	128,9 $\pm$ 9,5*
Середній показник тонкої кишки	СТ	158,1 $\pm$ 11,9 48,7 %	166,5 $\pm$ 12,1 51,3 %	324,6 $\pm$ 24,4
	СТ-НТ	142,8 $\pm$ 10,3 48,0 %	154,8 $\pm$ 13,5 52,0 %	297,6 $\pm$ 20,6
Сумарний показник тонкої кишки	СТ	474,3 $\pm$ 35,7 48,7 %	499,6 $\pm$ 37,9 51,3 %	973,9 $\pm$ 53,2
	СТ-НТ	428,4 $\pm$ 30,4 48,0 %	464,4 $\pm$ 32,8 52,0 %	892,8 $\pm$ 48,2

Примітка: * – $P < 0,05$

Характеризуючи абсолютні значення об'єму еластичних волокон, варто зазначити, що жодна група птахів не має цілковитої переваги вздовж всієї тонкої кишки. У дванадцятипалій кишці більші показники відповідають курам-СТ-НТ. Проте, їх перевага є мінімальною і в коловому шарі м'язової оболонки становить 1,4 мм³, а в поздовжньому шарі – 0,5 мм³. Перехід в порожню кишку супроводжується збільшенням

досліджуваного показника, яке у курей-СТ проходить більш інтенсивно. Внаслідок цього кури-СТ-НТ вже поступаються їм на 27,5 мм³ – в коловому шарі та на 21,1 мм³ – в поздовжньому шарі (рис. 4). У клубовій кишці об'єм еластичних волокон зменшується, проте домінуюче становище курей-СТ зберігається та стає достовірним. Їх перевага над іншою групою птахів у коловому шарі (рис. 5) дорівнює 19,8 мм³ ($P < 0,05$), а

в поздовжньому шарі – $14,6 \text{ мм}^3$ ($P < 0,05$). Більші значення середнього та сумарного показників тонкої кишки також відповідають птахам з вираженою симпатотонією, які в коловому шарі м'язової оболонки переважають курей-СТ-НТ відповідно на $15,3 \text{ мм}^3$ та $45,9 \text{ мм}^3$. У поздовжньому шарі відмінності між групами птахів становлять відповідно $11,7 \text{ мм}^3$ та $35,2 \text{ мм}^3$.

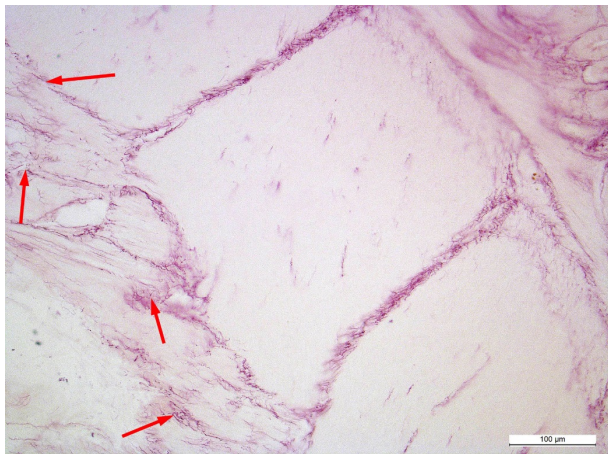


Рис. 4. Еластичні волокна (вказані стрілками) поздовжнього шару м'язової оболонки порожньої кишки курки-СТ. Забарвлення за Вейгертом

На рівні цілої м'язової оболонки дванадцятипалої кишки об'єм еластичних волокон має мінімальну перевагу ($1,9 \text{ мм}^3$) у курей-СТ-НТ. У порожній та клубовій кишках більші значення цього показника вже відповідають курам-СТ, а різниця між групами птахів становить $48,6 \text{ мм}^3$ та $34,4 \text{ мм}^3$ ($P < 0,05$). Домінування цієї групи птахів також зберігається у се-

редньому та сумарному показниках тонкої кишки. Кури СТ-НТ поступаються їм відповідно на 27 мм^3 та $81,1 \text{ мм}^3$.

Відмінності у кількості еластичних волокон проявляються у функціональних характеристиках кишечника. Дана група волокон, завдяки вмісту еластину, забезпечує кишковій стінці пружні властивості під час її перистальтичних рухів (Loffet et al., 2023).

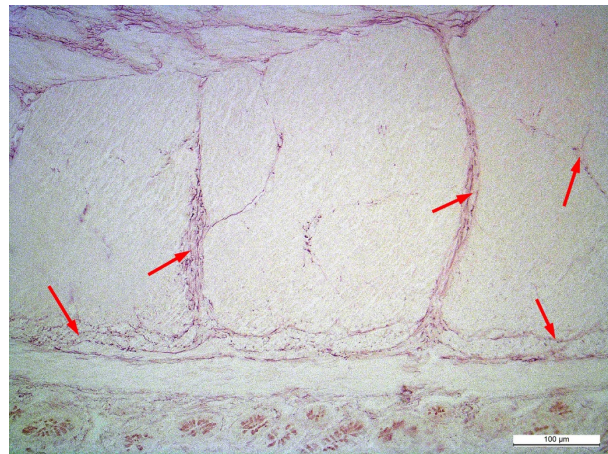


Рис. 5. Еластичні волокна (вказані стрілками) колового шару м'язової оболонки клубової кишки курки-СТ-НТ. Забарвлення за Вейгертом.

Величина вище описаних показників значною мірою визначається довжиною кожної кишки, тому порівняти їх між собою є важко. Також важко охарактеризувати насиченість стінки кишок сполучною тканиною. Щоб отримати таку можливість розраховано середній об'єм сполучнотканинних волокон в 1 мм^3 м'язової оболонки (табл. 4).

Таблиця 4

Об'єм сполучнотканинних волокон в 1 мм^3 м'язової оболонки тонкої кишки курей ($x \pm SD$)

Відділ кишечника	Тип АНС	Об'єм колагенових волокон мм^3	Об'єм еластичних волокон, мм^3
Дванадцятипала	СТ	$0,096 \pm 0,006$	$0,080 \pm 0,004$
	СТ-НТ	$0,095 \pm 0,008$	$0,086 \pm 0,005$
Порожня	СТ	$0,115 \pm 0,006$	$0,074 \pm 0,006$
	СТ-НТ	$0,108 \pm 0,009$	$0,078 \pm 0,006$
Клубова	СТ	$0,103 \pm 0,007$	$0,064 \pm 0,004$
	СТ-НТ	$0,098 \pm 0,006$	$0,066 \pm 0,004$
Середній показник тонкої кишки	СТ	$0,105 \pm 0,007$	$0,073 \pm 0,005$
	СТ-НТ	$0,100 \pm 0,005$	$0,077 \pm 0,005$

Примітка: * – $P < 0,05$

Досліджуючи кількість колагенових волокон м'язової оболонки, встановлено, що вздовж всієї тонкої кишки більші значення їх об'єму належать птахам зі стійкою симпатотонією. У дванадцятипалій кишці їх перевага над курами-СТ-НТ є мінімальною – $0,001 \text{ мм}^3$. У порожній кишці вона зростає до $0,007 \text{ мм}^3$, а в клубовій кишці знову дещо зменшується – $0,005 \text{ мм}^3$. На рівні всієї тонкої кишки відмінності між групами курей становлять $0,005 \text{ мм}^3$.

Проаналізувавши насиченість м'язової оболонки лише еластичними волокнами, встановлено, що, на відміну від попереднього показника, у всій тонкій

кишці більші значення відповідають курам-СТ-НТ. У дванадцятипалій кишці інша група птахів поступається їм на $0,006 \text{ мм}^3$, у порожній кишці – на $0,004 \text{ мм}^3$, а в клубовій кишці – на $0,002 \text{ мм}^3$. Середня різниця між курами-СТ та СТ-НТ у стінці тонкої кишки становить $0,004 \text{ мм}^3$.

Назагал, представлені результати досліджень та літературні джерела (Bahr, 2008; Scanesa & Pierzchala-Koziec, 2014) вказують на те, що у різних груп птахів формуються кількісні особливості анатомічного профілю кишкової стінки, направлені на підтримання в ній оптимального рівня обмінних процесів, швидке та

ефективне пристосування до змінних умов внутрішнього та зовнішнього середовищ і, як наслідок, досягнення оптимальної продуктивності у виконанні покладених на неї завдань. Для цього кишкова стінка, як і будь яка інша морфо-функціональна система організму, повинна володіти певною пластичністю, яка контролюється та підтримується регуляторними впливами з боку ендокринної системи та автономної нервової системи. Вказані системи, з одного боку є взаємодоповнюваними, а з іншого боку – спеціалізуються у регулюванні лише певної ланки діяльності організму (Crossley & Altimiras, 2000; Dennis, 2016).

При характеристиці вказаних процесів в кишковій стінці необхідно враховувати її ділянку, що обумовлено значною загальною довжиною кишечника, а також відмінностями травлення в окремих його частинах (Yamauchi, 2007; Svihus, 2014). У представлених результатах це підтверджується особливостями досліджених показників в різних кишках, хоча, вздовж всієї тонкої кишки прослідковується виражена тенденційність впливу автономного тону на морфологічні показники.

Встановлений зв'язок між будовою м'язової оболонки та регуляторними впливами з боку автономної нервової системи, а також результати інших науковців (Yamauchi, 2002; Lavin et al., 2008; Verdal et al., 2010) вказують на те, що морфологічну структуру варто характеризувати лише з врахуванням її функціональних особливостей, оскільки, будь яка зміна анатомії завжди відображається у зміні функції. Дана закономірність має і зворотній напрямок, коли зміна функції закріплюється зміною морфології.

Висновки

Онтогенетичне становлення в організмі курей певного типу автономної регуляції, проявляється особливостями впливів на їх тонку кишку. Це обумовлює формування морфологічних адаптацій кишкової стінки, що виражається у відмінностях показників об'єму м'язової оболонки та волокон сполучної тканини, розташованих в ній. Назагал, вздовж кишечника спостерігається схожість зв'язку між морфологічними показниками та типом автономної регуляції, проте в різних кишках він має певні особливості. Морфометричними дослідженнями встановлено, що підвищення симпатичного тону супроводжується збільшенням об'єму як колового, так і поздовжнього шарів м'язової оболонки кишок. Ця закономірність є властивою для обох груп курей. Співвідношення між цими шарами змінюється вздовж кишкової стінки: частка поздовжнього шару зростає, а колового – зменшується. При цьому, спостерігається зростання чутливості м'язової оболонки до регуляторних впливів автономної нервової системи. Відповідно середній об'єм м'язової оболонки всієї тонкої кишки у курей-СТ та СТ-НТ відрізняється на 590,6 мм³, а сумарний об'єм – на 1771,7 мм³. Підвищений симпатичний тонус також сприяє більшій кількості колагенових волокон в коловому шарі м'язової оболонки. У середніх показниках тонкої кишки його перевага над поздовжнім шаром становить 5,6 % – в курей-СТ та 3,4 % – в курей-СТ-

НТ. У абсолютних значеннях об'єму еластичних волокон жодна група птахів не має цілковитої переваги вздовж всієї тонкої кишки. Проте, у середніх показниках цього відділу, все ж домінують кури-СТ, які переважають іншу групу птахів на 15,3 мм³ – у коловому шарі та на 11,7 мм³ – у поздовжньому шарі м'язової оболонки. Птахи зі стійкою симпатотонією також мають більшу насиченість колагеновими волокнами 1 мм³ м'язової оболонки. У середніх показниках тонкої кишки кури-СТ-НТ поступаються їм на 0,005 мм³. Проте, за кількістю лише еластичних волокон, кури-СТ-НТ вже займають домінуюче становище, а різниця між групами птахів зменшується до 0,004 мм³. Встановлені морфологічні особливості м'язової оболонки вказують на її пластичність у пристосуванні кишкової стінки до особливостей автономної регуляції.

Відомості про конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів.

References

- Ali, H. A., & McLelland, J. (1978). Avian enteric nerve plexuses. A histochemical study. *Cell and Tissue Research*, 189(3), 537–548. DOI: 10.1007/BF00209139.
- Aubert, A. E., Beckers, F., Ramaekers, D., Verheyden, B., Leribaux, C., Aerts, J.-M., & Berckmans, D. (2004). Heart rate and heart rate variability in chicken embryos at the end of incubation. *Experimental Physiology*, 89(2), 199–208. DOI: 10.1113/expphysiol.2003.027037.
- Baevsky, R. M., & Chernikova, A. G. (2017). Heart rate variability analysis: physiological foundations and main methods. *Cardiometry*, 10, 66–76. DOI: 10.12710/cardiometry.2017.10.6676.
- Bahr, J. M. (2008). The chicken as a model organism. *Sourcebook of Models for Biomedical Research*, 161–167. DOI: 10.1007/978-1-59745-285-4_18.
- Casteleyn, C., Doom, M., Lambrechts, E., Van den Broeck, W., Simoens, P., & Cornillie, P. (2010). Locations of gut-associated lymphoid tissue in the 3-month-old chicken: a review. *Avian Pathology*, 39(3), 143–150. DOI: 10.1080/03079451003786105.
- Chevalier, N. R., Fleury, V., Dufour, S., Proux-Gillardeaux, V., & Asnacios, A. (2017). Emergence and development of gut motility in the chicken embryo. *PLoS ONE*, 12(2), e0172511. DOI: 10.1371/journal.pone.0172511.
- China, A. M., Hill, D. R., Aurorac, M., & Spencea, J. R. (2017). Morphogenesis and maturation of the embryonic and postnatal intestine. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 66, 81–93. DOI: 10.1016/j.semdb.2017.01.011.
- Crossley, D., & Altimiras, J. (2000). Ontogeny of cholinergic and adrenergic cardiovascular regulation in the domestic chicken (*Gallus gallus*). *American journal of physiology*, 279(3), 1091–1098. DOI: 10.1152/ajpregu.2000.279.3.R1091.
- Dennis, R. L. (2016). Adrenergic and noradrenergic regulation of poultry behavior and production. *Domestic animal endocrinology*, 56, 94–100. DOI: 10.1016/j.

- domaniend.2016.02.007.
- Doyle, A. M., Roberts, D. J., & Goldstein, A. M. (2004). Enteric nervous system patterning in the avian hindgut. *Developmental Dynamics*, 229(3), 708–712. DOI: 10.1002/dvdy.20011.
- Fekete, E., & Csoknya, M. (1987). Fluorescence characterization of the nerve plexuses in the small intestine of the chicken. *Acta Biologica Szegediensis*, 33, 97–104.
- Furness, J. B. (2000). Types of neurons in the enteric nervous system. *Journal of the Autonomic Nervous System*, 81(1–3), 87–96. DOI: 10.1016/S0165-1838(00)00127-2.
- Furness, J. B., & Costa, M. (1980). Types of nerves in the enteric nervous system. *Commentaries in the Neurosciences*, 235–252. DOI: 10.1016/B978-0-08-025501-9.50016-8.
- Gabella, G. (1985). Structure of the musculature of the chicken small intestine. *Anatomy and embryology*, 171(2), 139–149. DOI: 10.1007/BF00341408.
- Goldstein, A. M., & Nagy, N. (2008). A bird's eye view of enteric nervous system development: lessons from the avian embryo. *Pediatric Research*, 64(4), 326–333. DOI: 10.1203/PDR.0b013e31818535e8.
- Graham, M. F., Diegelmann, R. F., Elson, C. O., Lindblad, W. J., Gotschalk N., Gay, S., & Gay, R. (1988). Collagen content and types in the intestinal strictures of Crohn's disease. *Gastroenterology*, 94(2), 257–265. DOI: 10.1016/0016-5085(88)90411-8.
- Hao, M. M., Foong, J. P. P., Bornstein, J. C., Li, Z. L., Vanden Berghe, P., & Boesmans, W. (2016). Enteric nervous system assembly. Functional integration within the developing gut. *Developmental Biology*, 417(2), 168–181. DOI: 10.1016/j.ydbio.2016.05.030.
- Heanue, T. A., Shepherd, I. T., & Burns, A. J. (2016). Enteric nervous system development in avian and zebrafish models. *Developmental Biology*, 417(2), 129–138. DOI: 10.1016/j.ydbio.2016.05.017.
- Kjaer, J. B., & Jorgensen, H. (2011). Heart rate variability in domestic chicken lines genetically selected on feather pecking behavior. *Genes, Brain and Behavior*, 10(7), 747–755. DOI: 10.1111/j.1601-183X.2011.00713.x.
- Lavin, S. R., Karasov, W. H., Ives, A. R., Middleton, K. M., & Garland, T. Jr. (2008). Morphometrics of the avian small intestine compared with that of nonflying mammals: a phylogenetic approach. *Physiological and Biochemical Zoology*, 81(5), 526–550. DOI: 10.1086/590395.
- Lilburn, M. S., & Loeffler, S. (2015). Early intestinal growth and development in poultry. *Poultry Science*, 94(7), 1569–1576. DOI: 10.3382/ps/pev104.
- Loffet, E. A., Durel, J. F., Kam, R., Lim, H., & Nerurkar, N., L. (2023). Elastic fibers define embryonic tissue stiffness to enable buckling morphogenesis of the small intestine. *Biomaterials*, 303, 122405. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2023.122405.
- Mulisch, M., & Welsch, U. (2010). *Mikroskopische Technik*. Spektrum akademischer verlag. DOI: 10.1007/978-3-8274-2254-5.
- Orberg, J., Baer, E., & Hiltner, A. (1983). Organization of collagen fibers in the intestine. *Connective Tissue Research*, 11(4), 285–297. DOI: 10.3109/03008208309004861.
- Pandit, K., Dhote, B. S., Mahanta, D., Sathapathy, S., Tamilselvan, S., Mrigesh, M., & Mishra, S. (2018). Histological, Histomorphometrical and Histochemical Studies on the Large Intestine of Uttara Fowl. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(3), 1477–1491. DOI: 10.20546/ijemas.2018.703.176.
- Revajova, V., Slaminkova, Z., Gresakova, L., & Levkut, M. (2013). Duodenal morphology and immune responses of broiler chickens fed low doses of deoxynivalenol. *Acta Veterinaria Brno*, 82(3), 337–342. DOI: 10.2754/avb201382030337.
- Sasselli, V., Pachnis, V., & Burns, A. J. (2012). The enteric nervous system. *Developmental Biology*, 366(1), 64–73. DOI: 10.1016/j.ydbio.2012.01.012.
- Scanes, C. G. (2017). Grand and Less Grand Challenges in Avian Physiology. *Frontiers in Physiology*, 8(222), 1–5. DOI: 10.3389/fphys.2017.00222.
- Scanesa, C. G., & Pierzchala-Koziec, K. (2014). Biology of the gastro-intestinal tract in poultry. *Avian biology research*, 7(4), 193–222. DOI: 10.3184/175815514X14162292284822.
- Shah, R., Greyner, H., & Dzialowski, E. M. (2010). Autonomic control of heart rate and its variability during normoxia and hypoxia in emu (*Dromaius novaehollandiae*) hatchlings. *Poultry Science*, 89(1), 135–144. DOI: 10.3382/ps.2009-00362.
- Sklan, D. (2001). Development of the digestive tract of poultry. *World's Poultry Science Journal*, 57(4), 415–428. DOI: 10.1079/WPS20010030.
- Svihus, B. (2014). Function of the digestive system. *The Journal of Applied Poultry Research*, 23(2), 306–314. DOI: 10.3382/japr.2014-00937.
- Taylor, E. W., Leite, C. A. C., Sartori, M. R., Wang, T., Abe, A. S., & Crossley, D. A. (2014). The phylogeny and ontogeny of autonomic control of the heart and cardiorespiratory interactions in vertebrates. *The Journal of Experimental Biology*, 217(5), 690–703. DOI: 10.1242/jeb.086199.
- Tybinka, A., Blishch, H., & Shchebentovska, O. (2018). Influence of the type of autonomic tone on the volume of the mucous membrane of the small intestine of laying hens. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 9(3), 453–459. DOI: 10.15421/021868.
- Tybinka, A., Zakrevska, M., & Shchebentovska, O. (2022). Morphometric and histochemical features of the hard-erian gland in rabbits with different types of autonomous regulation. *Macedonian Veterinary Review*, 45(2), 157–168. DOI: 10.2478/macvetrev-2022-0024.
- Uesaka, T., Young, H. M., Pachnis, V., & Enomoto, H. (2016). Development of the intrinsic and extrinsic innervation of the gut. *Developmental Biology*, 417(2), 158–167. DOI: 10.1016/j.ydbio.2016.04.016.
- Uni, Z., Tako, E., Gal-Garber, O., & Sklan, D. (2003). Morphological, Molecular, and Functional Changes in the Chicken Small Intestine of the Late-Term Embryo. *Poultry Science*, 82(11), 1747–1754. DOI: 10.1093/ps/82.11.1747.
- Verdal, H., Mignon-Grasteau, S., Jeulin, C., Le Bihan-Duval, E., Leconte, M., Mallet, S., Martin, C., & Narcy, A. (2010). Digestive tract measurements and histological adaptation in broiler lines divergently selected for digestive efficiency. *Poultry Science*, 89(9), 1955–1961. DOI: 10.3382/ps.2010-813.
- Wali, O. N., & Kadhim, K. K. (2014). Histomorphological comparison of proventriculus and small intestine of heavy and light line pre- and at hatching. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(3), 1477–1491. DOI: 10.20546/ijemas.2018.703.176.

- tional Journal of Animal and Veterinary Advances, 6(1), 40–47. DOI: 10.19026/ijava.6.5615.
- Yamauchi, K. (2002). Review on chicken intestinal villus histological alterations related with intestinal function. The Journal of Poultry Science, 39(4), 229–242. DOI: 10.2141/jpsa.39.229.
- Yamauchi, K. (2007). Review of a histological intestinal approach to assessing the intestinal function in chickens and pigs. Animal Science Journal, 78(4), 356–370. DOI: 10.1111/j.1740-0929.2007.00448.x.
- Yang, P., Gandahi, J. A., Zhang, Q., Zhang, L. L., Bian, X. G., Wu, L., Liu, Y., & Chen, Q. S. (2013). Quantitative changes of nitrergic neurons during postnatal development of chicken myenteric plexus. Journal of Zhejiang University-SCIENCE B (Biomedicine & Biotechnology), 14(10), 886–895. DOI: 10.1631/jzus.B1300005.
- Yegani, M., & Korver, D. R. (2008). Factors affecting intestinal health in poultry. Poultry Science, 87(10), 2052–2063. DOI: 10.3382/ps.2008-00091.