

УДК 636.598:611.3.018:612.3

# Мікроструктура ПІДСЛИЗОВОГО НЕРВОВОГО СПЛЕТЕННЯ КИШЕЧНИКА КАЧОК

**Анотація.** Представлені результати дослідження гістологічної будови підслизового нервового сплетення кишечника свійських качок (*Anas platyrhynchos domesticus*) чорної білогруді породи 9 вікових груп добового – однорічного віку. Топографію, кількість, площу гангліїв, а також щільність нейронів у них визначали на поперечних зрізах дванадцятипалої, порожньої, клубової, сліпих і прямої кишок. Встановлено, що нервові вузли і тяжі підслизового сплетення, що належать до ентеросимпатичної нервової системи, знаходяться між м'язовою пластинкою слизової оболонки і внутрішнім шаром м'язової оболонки. На поперечному зрізі стінки кишечника підслизові нервові вузли мають форму вузьких смужок. З метою узагальнюючої оцінки морфофункціонального стану нервових сплетень визначали два параметри: середній віковий показник (СВП) кишки і кишечника. СВП певної структури кишки визначали, як середнє арифметичне з величин її 9 вікових показників. СВП певної структури кишечника визначали, як середнє арифметичне з величин СВП структури усіх п'яти кишок. Середня кількість підслизових нервових вузлів з віком качок не збільшувалась, але змінювалась з різним ступенем достовірності відносно попереднього віку. У кишечнику качок добового – однорічного віку найменшу кількість підслизових гангліїв виявлено у сліпих, а найбільшу – у прямій кишці. Загальною закономірністю динаміки величини підслизових гангліїв кишечника качок є збільшення з віком їх середньої площі. У качок різного віку найменшу площу підслизових гангліїв встановлено в клубовій, а найбільшу – у дванадцятипалій і сліпій кишках. Найменшу щільність нейронів у підслизових гангліях встановлено в сліпих кишках, найбільшу – у прямій. Зміни морфометричних показників вузлів нервових сплетень кишечника качок свідчать про динамічний характер змін морфофункціонального стану ентеросимпатичної нервової системи.

**Ключові слова:** качки, кишечник, підслизове нервове сплетення, ентеросимпатична нервова система



✍ **Д.С. МАХОТІНА**, аспірантка\*  
Харківська державна зооветеринарна академія  
E-mail: makhotina.diana@gmail.com

**Р**озуміння закономірностей морфофункціональної організації органів травлення, що безпосередньо забезпечують організм поживними речовинами, є біологічною основою повноцінної годівлі та підвищення продуктивності сільськогосподарської птиці. Дані стосовно іннервації органів травного каналу птиці висвітлено лише в окремих роботах.

Кишкова нервова система (ентеросимпатична, енте-ральна) являє собою найбільшу групу автономних нейронів за межами центральної нервової системи (Furness, 2012). Вона володіє рефлекторними шляхами, що складаються з мережі сенсорних, вставних і моторних нейроцитів, а також нейроглії, які пов'язують її з центральною нервовою системою (Nagy and Goldstein, 2017; Ameku et al., 2020). У людини ентеросимпатична нервова система містить близько  $5 \times 10^8$  нейронів, які поділяють більше, ніж на 15 функціональних класів (Lake and Heuckeroth, 2013).

В ембріональний період розвитку кишкова нервова система виникає з мультипотентних клітин нервового гребеня, які відшаровуються від нього, мігрують, колонізують кишечник, де проліферують і диференціюються в кишкові нейрони і глію (Barlow-Anacker et al., 2017; Ling and Sauka-Spengler, 2019). У мишей кишковий нейрогенез починається з проникнення клітини нервового гребеня в кишечник, досягає піку в середині вагітності і триває до відлучення від матері (Kabouridis and Pachnis, 2015). У курчат зміни в розвитку ентеросимпатичної нервової систе-

\*Науковий керівник – доктор ветеринарних наук, професор М. М. Куц

ми тривають після вилуплення, що свідчить про його поступове дозрівання (Yang et al., 2013).

Однак постнатальний розвиток ентеральної нервової системи відбувається за дії інших чинників. Морфофункціональний стан нервових сплетень у постнатальному онтогенезі є дуже пластичною і динамічною системою, що залежить від дії різноманітних чинників і є результатом постійної перехресної взаємодії між кишковими нейронами, глією, ентероендокриноцитами, імуніцитами, іншими клітинами стінки кишечника і його мікробіотою (Kabouridis and Pachnis, 2015; Kulkarni et al., 2018, Ateku et al., 2020).

Незважаючи на постійну втрату нейронів, загальна їх кількість залишається постійною завдяки новим нейронам, що утворюються в результаті поділу клітин-попередників, що розташовані в гангліях. Значна кількість нейронів, що знаходяться в стані апоптозу і відносно постійна їх кількість вказують на високу швидкість безперервного нейрогенезу, високого обороту ентеральних нейронів (Margolis et al., 2016, Spencer and Hu, 2020).

**Мета дослідження** – визначити особливості мікроскопічної будови підслизового сплетення ентеросимпатичної нервової системи свійських качок у постнатальному періоді онтогенезу.

**Матеріали і методи дослідження.** Матеріал для досліджень відбирали від 9 вікових груп свійської качки (*Anas platyrhynchos domesticus*) чорної білогруді породи віком 1, 3, 7, 14, 21, 30, 60, 180 і 365 діб, яких утримували в пташнику Харківської державної зооветеринарної академії на глибокій підстилці. Утримання качок та маніпуляції з ними виконували відповідно до Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються з науковою метою (Страсбург, 1986). Для гістологічних досліджень від 5 голів качок кожного віку відбирали шматочки середньої ділянки 5 кишок – дванадцятипалої, порожньої, клубової, сліпих і прямої, які фіксували у 10% розчині нейтрального формаліну і заливали у парафін. Для виготовлення гістологічних препаратів гістозрізи забарвлювали гематоксиліном і еозином, а також азур II-еозином. Визначення морфо-

метричних параметрів мікроструктур сплетення виконували на поперечних зрізах кишок за допомогою окулярної сітки і програми Image Tools 3,6. Було визначено такі показники нервових вузлів підслизового сплетення: загальна кількість на зрізі кишки, їх середня площа, кількість нейронів (щільність) на одиниці площі (1 мм<sup>2</sup>) нервового вузла. Оцінку достовірності різниці показників кожної кишки відносно попереднього віку виконували за використання t-критерію Стьюдента.

З метою узагальнюючої морфометричної оцінки мікроскопічних показників морфофункціонального стану нервових сплетень кожної кишки качок добового – однорічного віку визначали два параметри: середній віковий показник (СВП) кишки і середній віковий показник кишечника. Середній віковий показник (СВП) певної структури кожної кишки визначали, як середнє арифметичне з величин її 9 вікових показників. СВП певної структури кишечника визначали, як середнє арифметичне з величин СВП структури усіх п'яти кишок. СВП певної структури кожної кишки порівнювали з СВП такої усього кишечника, який визначали як відносний СВП.

**Результати дослідження.** У качок підслизове сплетення (*plexus submucosus, s. Meissneri*) знаходиться між м'язовою пластинкою слизової оболонки і внутрішнім – коловим шаром м'язової оболонки. Воно представлено скупченнями тіл нейронів – нервовими вузлами (гангліями) і пучками нервових волокон, що їх сполучають. Наявність підслизової основи слизової оболонки в стінці кишок качок нами не встановлено. Незначну кількість пухкої волокнистої сполучної тканини між м'язовою пластинкою слизової оболонки і м'язовою оболонкою було виявлено лише в оточенні і в складі елементів нервового сплетення.

На поперечних зрізах кишок нервові вузли підслизового сплетення мають форму вузьких смужок різної довжини. Вони містять тіла нервових клітин і їх відростки, що знаходяться в оточенні клітин і міжклітинної речовини пухкої волокнистої сполучної тканини (рис. 1). Нервові клітини мають кілька відростків, тобто, відносяться до мультиполярного типу і мають характер-

### 1. Кількість гангліїв підслизового нервового сплетення кишечника качок (M±m, n=5)

Вік	Кишка				
	дванадцятипала	порожня	клубова	сліпі	пряма
1 доба	22,5±1,02	15,7±0,37	17,0±0,82	13,2±1,03	15,7±0,89
3 доби	18,0±0,54**	19,3±0,89**	20,3±1,17*	7,9±0,65***	16,3±1,04
7 діб	19,5±0,30*	18,5±0,63	13,8±0,39**	8,9±0,42	17,5±0,83
14 діб	15,5±0,71***	15,8±0,74*	14,5±0,88	11,2±0,85*	22,5±1,20**
21 доба	16,5±0,25	16,2±0,71	13,5±0,64	10,7±1,09	23,4±1,12
1 міс.	18,6±0,63*	14,5±0,92	14,7±0,77	11,0±0,84	23,4±0,71
2 міс.	11,6±0,42***	18,5±0,70**	16,3±0,81	7,5±0,62*	21,0±1,14
6 міс.	13,9±0,28**	17,3±0,69	19,4±0,67*	11,0±1,13*	19,3±1,03
1 р.	11,3±0,44**	16,0±0,77	15,5±0,87**	9,8±0,67	22,4±0,74
<b>СВП кишки</b>	<b>16,4±1,24**</b>	<b>16,9±0,57</b>	<b>16,2±0,83</b>	<b>10,1±0,60</b>	<b>20,2±1,02</b>

Примітка (у цій та наступних таблицях): \* – P≤0,05, \*\* – P≤0,01, \*\*\* – P≤0,001 порівняно з попереднім віком

**2. Площа нервового вузла підслизового нервового сплетення кишечника качок,  $\times 10^3$  мкм<sup>2</sup> ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )**

Вік	Кишка				
	дванадцятипала	порожня	клубова	сліпі	пряма
1 доба	1,33±0,08	1,29±0,05	1,05±0,05	1,56±0,09	1,06±0,05
3 доби	0,88±0,05***	1,09±0,07	0,85±0,03**	1,07±0,06**	1,03±0,08
7 діб	1,06±0,06*	1,18±0,08	1,26±0,07***	1,08±0,08	1,28±0,07
14 діб	0,97±0,03	1,01±0,05	0,92±0,07**	1,13±0,09	0,98±0,08
21 доба	1,01±0,04	0,97±0,08	1,02±0,06	1,06±0,04	1,12±0,07
1 міс.	1,51±0,09**	1,33±0,08*	1,08±0,08	1,23±0,13	1,54±0,11*
2 міс.	1,84±0,08*	1,36±0,07	1,49±0,07**	1,65±0,09*	1,24±0,20*
6 міс.	1,88±0,06	1,51±0,09	1,13±0,05**	1,72±0,07	1,76±0,07*
1 р.	1,62±0,11	1,38±0,09	1,37±0,08*	1,80±0,09*	1,56±0,09
<b>СВП кишки</b>	<b>1,35±0,13</b>	<b>1,24±0,06</b>	<b>1,13±0,06</b>	<b>1,37±0,38</b>	<b>1,29±0,13</b>

ну для них форму. У середній частині тіла нейроцити містять одне світле, округлої форми ядро з одним або двома ядерцями. Ядра великі, у той же час, у різних клітинах за розміром відрізняються.

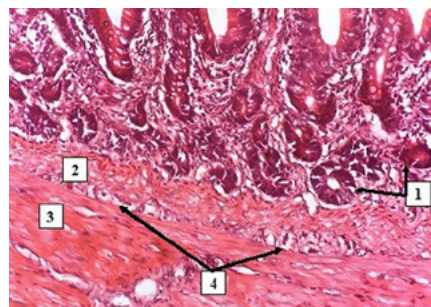
Як свідчать дані *таблиці 1*, кількість гангліїв підслизового нервового сплетення в стінці кишок з віком змінювалась порівняно з попереднім віком. Якоїсь певної вікової закономірності щодо зменшення або збільшення кількості нервових вузлів підслизового сплетення в стінці кишечника качок нами не виявлено.

У цілому їх кількість незначно коливалась навколо значень СВП. Достовірні зміни цього показника в різних кишках встановлено в різні вікові терміни. Так, у дванадцятипалій кишці кількість гангліїв була меншою у 3-, 14-, 60- і 365-добовому віці на 20,0; 20,5; 26,9 і 27,4% і більшою у 7-, 30- і 180-добовому віці на 8,3; 12,7 і 19,8% відповідно. У порожній кишці їх кількість була меншою у 14-добовому віці на 14,6% і більшою на 12,3% у 60-добовому віці. У клубовій кишці кількість гангліїв була меншою у 7- і 365-добовому віці на 32,0 і 20,1% і більшою у 3- і 180-добовому віці на 19,4 і 19,0% відповідно. У сліпих кишках їх кількість була меншою у 3- і 60-добовому віці на 12,7 і 31,8% і більшою у 14- і 180-добовому віці – на 25,8 і 46,7% відповідно. Порівняно з попереднім віком, у прямій кишці качок кількість гангліїв була більшою у 14-добовому віці на 28,6%.

СВП кількості гангліїв підслизового сплетення кишечника качок становив 16,0±0,62. Відносний СВП кількості підслизових гангліїв дванадцятипалої, порожньої, клубової, сліпих і прямої кишок відповідно становив 102,3; 105,8; 101,7; 63,5 і 126,5%. Таким чином, найменшу кількість гангліїв встановлено у стінці сліпих кишок, а найбільшу – у стінці прямої кишки.

Отже, незважаючи на значне збільшення з віком діаметра і товщини слизової і м'язової оболонок кишечника, кількість нервових вузлів підслизового є відносно постійною величиною.

Порівняно з качками добового віку, у таких 365-добового віку площа вузла підслизового сплетення була дещо більшою (*табл. 2*). Так,



**Рис.1.** Стінка порожньої кишки свійської качки 2-місячного віку (гістологічний препарат).

Забарвлення гематоксилін та еозин, Tourcam, 400x. Позначення: 1 – кишкові крипти, 2 – м'язова пластинка слизової оболонки, 3 – внутрішній шар м'язової оболонки, 4 – ганглії підслизового нервового сплетіння.

порівняно з показниками добового віку, у качок 365-добового віку у дванадцятипалій кишці вона була більшою на 21,8%, у порожній – на 7,0%, у клубовій – на 30,5%, у сліпих – на 15,4%, у прямій – на 47,2%. Середня площа ганглія сплетення на поперечному зрізі кожної кишки, як і їх кількість, упродовж 1-365-добового віку змінювалась з різним ступенем достовірності відносно попереднього віку.

Достовірні зміни цього показника відносно меншого віку встановлено у різних кишках. У дванадцятипалій кишці площа ганглія була меншою у 3-добовому віці на 33,8% і більшою у 7-, 60- і 120-добовому віці на 20,5; 49,5 і 21,9% відповідно.

У порожній кишці їх площа була більшою на 37,1% у 60-добовому віці. У клубовій кишці площа ганглія була меншою у 3-, 14 і 180-добовому віці на 19,0; 27,0 і 24,2% і більшою у 7-, 60- і 365-добовому віці на 48,2; 34,1 і 21,2% відповідно. У сліпих кишках їх площа була меншою у 3-добовому віці на 31,4% і більшою у 60- і 365-добовому віці – на 34,1 і 18,6% відповідно. У прямій кишці площа ганглія була меншою у 60-добовому віці на 19,5% і більшою у 30- і 180-добовому віці на 37,5 і 41,9%.

СВП площі підслизового ганглія кишечнику качок становив 1,28±0,05×10<sup>3</sup> мкм<sup>2</sup>. Відносний СВП площі підслизового ганглія дванадцятипалої, порожньої, клубової, сліпих і прямої кишок відповідно становив 105,5; 96,9; 88,3; 107,0 і 100,8%.

### 3. Щільність нейронів у нервовому вузлі підслизового нервового сплетення кишечника качок ( $M \pm m$ , $n=5$ )

Вік	Кишка				
	дванадцятипала	порожня	клубова	сліпі	пряма
1 доба	7368	4186	4857	2692	5755
3 доби	6250	4312	5882	4112	5049
7 діб	3584	4492	3810	4167	6574
14 діб	5730	5545	4674	3363	7143
21 доба	5149	5876	4412	3962	5625
1 міс.	2848	3383	3611	3001	3182
2 міс.	3261	3309	3020	3152	4113
6 міс.	3085	2583	3628	2616	3367
1 р.	3827	3593	2897	1961	3397
СВП кишки	4566,9±536,7	4364,3±381,7	4087,9±957,5	3225,1±251,2	4911,7±490,1

Таким чином, найменшу середню площу ганглія підслизового сплетення встановлено в клубовій кишці, що становило  $1,13 \pm 0,06 \times 10^3$  мкм<sup>2</sup>, а найбільшу – у дванадцятипалій і сліпих, що становило  $1,35 \pm 0,13 \times 10^3$  мкм<sup>2</sup> і  $1,37 \pm 0,38 \times 10^3$  мкм<sup>2</sup>.

Тіла нейронів нервових вузлів добре помітні на гістологічних препаратах. Вони мали велике світле ядро, що займало майже весь обсяг цитоплазми з чітко помітним ядрцем (рис. 2). Результати визначення щільності нервових клітин у ганглії підслизового нервового сплетення стінки різних кишок качок наведено в табл. 3.

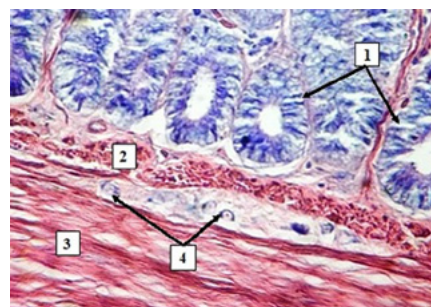
Загальною закономірністю динаміки їх кількості було зменшення з віком. Порівняно з добовим, у качок 365-добового віку їх кількість була достовірно меншою: у дванадцятипалій кишці на 48,1%, у порожній – на 14,2%, у клубовій – на 40,4%, сліпих – на 27,2% і прямій – на 41,0%.

СВП щільності нейронів у кишечнику качок становив  $4231,2 \pm 285,2$  клітин на 1 мм<sup>2</sup> площі ганглія. Відносний СВП щільності нейронів у різних кишках відрізнявся між собою і порівняно з СВП щільності нейронів кишечника у дванадцятипалій, порожній, клубовій, сліпих і прямій кишках становив відповідно 107,9; 103,1; 96,6; 76,2 і 116,1%. Тобто, порівняно з СВП кишечника, найменша щільність нейронів у підслизовому сплетенні була в сліпих кишках і становила  $3225,1 \pm 251,2$ , а найбільша – у прямій кишці і стано-

вила  $4911,7 \pm 490,1$  на 1 мм<sup>2</sup>.

Отримані нами дані про відсутність підслизової основи в стінці кишечника качок узгоджується з інформацією інших дослідників стосовно її слабого розвитку або відсутності у качок, курей і гусей (Khaleel and Atiea, 2017; Alshamy et al., 2018; Kushch et al., 2019). Різноманітність розміру ядер нейронів у гангліях нервових сплетень у качок узгоджується з відповідними даними щодо свійської курки (Aisa et al., 1990).

Виявлені зміни кількості і площі нервових вузлів ентеросимпатичної нервової системи качок мали динамічний характер, іноді достовірно були меншими або більшими відносно таких меншого віку. Їх можна по-



**Рис. 2.** Нейрони в вузлі підслизового нервового сплетення порожньої кишки свійської качки однорічного віку (гістологічний препарат). Забарвлення азур II-еозин, Тоуссам, 1000х. Позначення: 1 – епітелій крипт, 2 – м'язова пластинка слизової оболонки, 3 – внутрішній шар м'язової оболонки, 4 – тіла нейронів підслизового нервового сплетіння.

яснити такою відомою властивістю ентеросимпатичної нервової системи, як пластичністю, тобто здатністю динамічно реагувати на вплив різноманітних чинників, що надходять із просвіту кишечника (Anitha et al., 2016).

Про зміни кількості структурних елементів ентеросимпатичної нервової системи людини і тварин повідомляє низка дослідників (Anitha et al., 2016; Spencer, 2016; Kulkarni et al., 2017; Spencer and Hu, 2020). За результатами визначення СВП досліджуваних мікроструктур ентеросимпатичної нервової системи качок добового – однорічного віку встановлено такі їх зміни. Найменшу кількість підслизових гангліїв виявлено в сліпих кишках, а найбільшу – у прямій кишці. Загальною закономірністю динаміки величини гангліїв є збільшення з віком їх середньої площі. Найменшу площу гангліїв встановлено в клубовій, найбільшу – у дванадцятипалій і сліпій кишках. Найменшу щільність нейронів у підслизових гангліях встановлено в сліпих кишках, найбільшу – у прямій.

Як свідчать результати досліджень, нейрони кишечника є короткоживучою популяцією, що постійно замінюються новими клітинами (Spencer, 2016). Приблизно 11% нейронів тонкої кишки людини в будь-який момент часу приречені на запрограмовану загибель, що означає 4-5% втрат на день (Kulkarni et al., 2017). Висока швидкість обороту нейронів є результатом їх короткого

життя внаслідок травмування від постійного механічного тиску через скорочення м'язової оболонки (Mazzuoli-Weber and Schemann, 2015), або внаслідок унікальної вразливості через близькість до не завжди безпечного вмісту кишечника (Anitha et al., 2016). Відсутність фізіологічних порушень від обороту нейронів полягає в тому, що він коливається в часі та просторі, поряд зі значною надмірністю таких схем в певній ділянці кишечника (Spencer, 2016).

Таким чином, зміни морфометричних показників підслизового нервових сплетення кишечника качок є показником динамічного стану ентросимпатичної нервової системи.

### ВИСНОВКИ

1. На гістологічних препаратах з поперечного зрізу кишок свійських качок нервові вузли підслизового нервового сплетення мають форму вузьких смужок і знаходяться між м'язовою пластинкою слизової оболонки і внутрішнім шаром м'язової оболонки.
2. Ентросимпатична нервова система свійських качок упродовж добового – однорічного віку містить приблизно однакову кількість нервових вузлів підслизового нервового сплетення. У той же час, у цей віковий період загальною закономірністю є збільшення їх площі та зменшення щільності нейронів.
3. Упродовж добового – однорічного віку качок відбуваються достовірні зміни морфометричних показників нервових вузлів підслизового сплетення різних кишок відносно меншого віку, що віддзеркалює динамічний характер функціонування ентросимпатичної нервової системи качок.

**Перспективи подальших досліджень.** З метою оцінки стану ентросимпатичної нервової системи свійських качок доцільним є дослідження особливостей мікроскопічної будови сплетення мязової облонки. ■

Д.С. МАХОТИНА

## Микроструктура підслизистого нервного сплетення кишечника домашніх уток

**Анотація.** Представлены результаты исследования гистологического строения подслизистого нервного сплетения кишечника домашних уток (*Anas platyrhynchos domesticus*) черной белогрудой породы 9 возрастных групп суточного – однолетнего возраста. Топографию, количество, площадь ганглиев, а также плотность нейронов в них определяли на поперечных срезах двенадцатиперстной, тощей, подвздошной, слепых и прямой кишок. Установлено, что нервные узлы и тяжи подслизистого сплетения, относящихся к энтросимпатической нервной системе, находятся между мышечной пластинкой слизистой оболочки и внутренним слоем

мышечной оболочки. На поперечном срезе стенки кишечника подслизистые нервные узлы имеют форму узких полосок.

С целью обобщающей оценки морфофункционального состояния нервных сплетений определяли два параметра: средний возрастной показатель (СВП) кишки и кишечника. СВП определенной структуры каждой кишки определяли, как среднее арифметическое величин ее 9 возрастных показателей. СВП определенной структуры кишечника определяли, как среднее арифметическое величин СВП структуры всех пяти кишок. Среднее количество подслизистых нервных узлов с возрастом уток не увеличивалась, но менялась с разной степенью достоверности относительно предыдущего возраста. В кишечнике уток суточного – однолетнего возраста наименьшее количество подслизистых ганглиев выявлено в слепых, а наибольшую – в прямой кишке. Общей закономерностью динамики величины подслизистых ганглиев кишечника уток является увеличение с возрастом их средней площади. У уток разного возраста наименьшую площадь подслизистых ганглиев установлено в подвздошной, а наибольшую – в двенадцатиперстной и слепой кишке. Наименьшую плотность нейронов в подслизистых ганглиях установлено в слепых кишках, наибольшую – в прямой. Изменения морфометрических показателей узлов нервных сплетений кишечника уток отражают динамический характер изменения морфофункционального состояния энтросимпатической нервной системы.

**Ключевые слова:** утки, кишечник, подслизистое нервное сплетение, энтросимпатическая нервная система

D.S. MAKHOTYNA, postgraduate student  
Kharkiv State Zooveterinary Academy  
E-mail: makhotina.diana@gmail.com

## Microstructure of submucosal nervous plexuses of intestines of ducks

**Abstract.** There are presented the results of the experimental research of the histological structure of the submucosal nerve plexuses in the intestines of domestic ducks (*Anas platyrhynchos domesticus*) of 9 age groups from diurnal to 1-year-old of the black White-Breasted breed. The definitions of topography, number, ganglia area, as well as density of neurons in them were determined on cross sections of the duodenum, jejunum, ileum, cecum and rectum. It is defined the nerve nodes

and submucosal strands belonging to the enteric nervous system are located between the lamina muscularis mucosae and the inner layer of muscular tunic. In the cross section of the intestinal wall, the submucosal ganglia have the shape of narrow strips. In order to generalize the morphofunctional state of the nerve plexuses, there were determined two parameters: the average age indicator (AAI) of the intestine and intestine. AAI of a certain structure of each intestine was determined as the arithmetic mean of the values of its 9 age indicators. The AAI of a particular intestinal structure was determined as the arithmetic mean of the AAI quantities of the structure of all five intestines. The average number of submucosal ganglia did not increase with the age of the ducks, but changed with varying degrees of reliability in comparison with the previous age. In the intestines of diurnal to 1-day – 1-year-old ducks,

the smallest number of submucosal ganglia was found in the cecum, and the largest was found in the rectum. The general pattern of the size dynamics of the submucosal ganglia in the intestines of ducks is an increase with age in their average area. There was found the smallest area of submucosal ganglia in the ileum in the group of ducks of different ages, and the largest was found in the duodenum and cecum. The lowest density of neurons in the submucosal ganglia is found in the cecum, the highest was found in the rectum. Changes in the morphometric parameters of the nerve plexuses ganglia in the intestines of ducks indicate the dynamic nature of changes in the morphofunctional state of the enteric nervous system.

**Key words:** ducks, intestines, submucosal nervous plexuses, enteric nervous system

## References

- Agatep, R.C., Lambio, A.L., Vega, R.S.A., Capitan, S.S., Mendiolo, M.S. & Yebon, M.G.N. (2016). Microsatellite-based genetic diversity and relationship analyses of three genetic groups of domesticated Mallard ducks (*Anas Platyrhynchos Domesticus* L). *Philipp J Vet Anim Sci.*, 42 (2), 102-111. [in English].
- Aisa, J., Parra, P., Azanza, M.J. (1990). Ultrastructural characteristics of anterior gut innervation of *Gallus gallus*. *Histology and Histopathology*, 1990, 5(3), 281-287. [in English].
- Alshamy, Z., Richardson, K.C., Hünigen, H., Hafez, H.M., Plendl, J., Al Masri, S. (2018). Comparison of the gastrointestinal tract of a dual-purpose to a broiler chicken line: A qualitative and quantitative macroscopic and microscopic study. *PLoS One*, 19, 13(10), e0204921. doi: 10.1371/journal.pone.0204921. [in English].
- Ameke, T., Beckwith, H., Blackie, L., Miguel-Aliaga, L. (2020). Food, microbes, sex and old age: on the plasticity of gastrointestinal innervation. *Current Opinion in Neurobiology*. 62. 83-91. doi: 10.1016/j.conb.2019.12.004. [in English].
- Anitha, M., Reichardt, F., Tabatabavakili, S., Nezami, B.G., Chassaing, B., Mwangi, S., Vijay-Kumar, M., Gewirtz, A., Srinivasan, S. (2016). Intestinal dysbiosis contributes to the delayed gastrointestinal transit in high-fat diet fed mice. *Cellular and Molecular Gastroenterology and Hepatology*, 2(3), 328-339. doi: 10.1016/j.jcmgh.2015.12.008. [in English].
- Barlow-Anacker A.J., Fu M., Erickson, C.S., Bertocchini, F., Gosain, A. (2017). Neural crest cells contribute an astrocyte-like glial population to the spleen. *Scientific Reports*. 7. 45645. doi: 10.1038/srep45645. [in English].
- Furness, J.B. (2012). The enteric nervous system and neurogastroenterology. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 9(5), 286–294. doi: 10.1038/nrgastro.2012.32. [in English].
- Kabouridis, P.S., Pachnis, V. (2015). Emerging roles of gut microbiota and the immune system in the development of the enteric nervous system. *The Journal of Clinical Investigation*, 2015, 125(3), 956-964. doi: 10.1172/JCI76308. [in English].
- Khaleel, I.M., Atiea, G.D. (2017). Morphological and his tochemical study of small intestine in indigenous ducks (*Anas platyrhynchos*). *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)*, 10(7), 19-27. doi: 10.9790/2380-1007021927. [in English].
- Kulkarni, S., Ganz, J., Bayrer, J., Becker, L., Bogunovic, M., Rao, M. (2018). Advances in enteric neurobiology: The "brain" in the gut in health and disease. *Journal of Neuroscience*, 38(44), 9346–9354. doi: 10.1523/JNEUROSCI.1663-18.2018. [in English].
- Kulkarni, S., Micci, M.-A., Leser, J., Shin, C., Tang, S.-C., Fu, Y.-Y., Liu, L., Li, Q., Saha, M., Li C., Enikolopov, G., Becker, L., Rakhilin, N., Anderson, M., Shen, X., Dong, X., Butte, M.J., Song, H., Southard-Smith, E.M., Kapur, R.P., Bogunovic, M., Pasricha, P. J. (2017). Neurogenesis and turnover of adult enteric neurons. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114 (18), E3709-E3718. doi: 10.1073/pnas.1619406114. [in English].
- Kushch, M.M., Kushch, L.L., Byrka, E.V., Byrka, V.V., Yaremchuk, O.S. (2019). Morphological features of the jejunum and ileum of the middle and heavy goose breeds. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(4), 690-694. doi: 10.15421/2019\_811. [in English].
- Lake, J.I., Heuckeroth, R.O. (2013). Enteric nervous system development: migration, differentiation, and disease. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, 305(1). doi: 10.1152/ajpgi.00452.2012. [in English].
- Ling, I.T.C., Sauka-Spengler, T. (2019). Early chromatin shaping predetermines multipotent vagal neural crest into neural, neuronal and mesenchymal lineages. *Nature Cell Biology*, 21(12), 1504-1517. doi: 10.1038/s41556-019-0428-9. [in English].
- Margolis, K.G., Gershon, M.D., Bogunovic, M. (2016). Cellular organization of neuroimmune interactions in the gastrointestinal tract. *Trends in Immunology*, 37(7), 487-501. doi: 10.1016/j.it.2016.05.003. [in English].
- Mazzuoli-Weber, G., Schemann, M. (2015). Mechanosensitivity in the enteric nervous system. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 9, 408. doi: 10.3389/fncel.2015.00408. [in English].
- Nagy, N., Goldstein, A.M. (2017). Enteric nervous system development: A crest cell's journey from neural tube to colon. *Seminars in Cell and Developmental Biology*, 66, 94-106. doi: 10.1016/j.semcdb.2017.01.006. [in English].
- Spencer, N.J. (2016). Motility patterns in mouse colon: Gastrointestinal dysfunction induced by anticancer chemotherapy. *Journal of Neurogastroenterology and Motility*, 28(12), 1759-1764. doi: 10.1111/nmo.12990. [in English].
- Spencer, N.J., Hu, H. (2020). Enteric nervous system: sensory transduction, neural circuits and gastrointestinal motility. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 17(6), 338-351. doi: 10.1038/s41575-020-0271-2. [in English].
- Yang, P., Gandahi, J. A., Zhang, Q., Zhang, L., Bian, X., Wu, L., Liu, Y., Chen, Q. (2013). Quantitative changes of nitrergic neurons during postnatal development of chicken myenteric plexus. *Journal of Zhejiang University-SCIENCE*, B. 14(10), 886-895. doi: 10.1631/jzus.B1300005. [in English].