



## MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE LIVER OF THE BUDGERIGAR (*MELOPSITTACUS UNDULATUS*)

**I.Yu. Lavrobva, M.M. Kushch**

*State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine,*

E-mail: [iro4ka.lavrova@gmail.com](mailto:iro4ka.lavrova@gmail.com)

**Annotation.** Information about the features of the normal morphology of the budgerigar liver is a condition for the development of effective methods of prevention and treatment of diseases of the digestive organs, development of their feeding rations. We determined the characteristics of body weight growth, weight and microscopic structure of the liver of budgerigars (*Melopsittacus undulatus*) of 9 age groups: 1-day old, 3-day old, 7-day old, 14-day old, 21-day old, 1-month old, 2-month-old, and 6-month-old and 1-year-old. Histological paraffin sections were made from the right lobe according to the classical method, stained with hematoxylin and eosin, as well as according to Mallory. The body weight of budgerigars increased most rapidly during the first month of the postnatal ontogenesis period, during which occurred in the first week. The mass of adult budgie birds reached at the age of 2 months. The absolute mass of the liver of budgerigars reached the greatest value at 21 days of age, with relative mass at 7 days of age. Due to the insignificant content of connective tissue, and the lack of radially in the location of the liver tubes, the lobular structure of the liver of parrots was not pronounced and generally corresponded to the peculiarities of its structure in birds. The main expressive structure of the liver of parrots was hepatic tubes, which were separated from each other by blood capillaries of the sinusoidal type and sometimes anastomosed with each other. On the longitudinal section, such tubes consisted of two rows of hepatocytes of a polygonal shape. On a cross-section, the liver tubes contained a bile capillary in the central part. They consisted of 5-8 hepatocytes, which had a narrow apical (biliary) pole and a wide basal (vascular) pole. Sections of liver tubes of young birds were sometimes found, which had the shape of a ring, the wall of which was formed from two rows of hepatocytes, and its central part contained a blood capillary. A feature of the liver of 1- to 7-day old chicks was the presence of a large number of small hematopoietic cells, as well as a large number of fatty inclusions in hepatocytes. The period of the most intense increase in the body weight of budgerigars corresponded to the highest indicators of the absolute and relative weight of the liver, the relative area of the parenchyma, the area of the nucleus and the nuclear-cytoplasmic ratio of hepatocytes.

**Key words:** budgie, digestive organs, anatomical and histological structure.

**Key words:** budgerigar, digestive organs, anatomical and histological structure.

## МОРФОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕЧІНКИ ХВИЛЯСТОГО ПАПУГИ (*MELOPSITTACUS UNDULATUS*)

І.Ю. Лаврова, М.М. Куш

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна,

E-mail: [iro4ka.lavrova@gmail.com](mailto:iro4ka.lavrova@gmail.com)

**Анотація.** Інформація стосовно особливостей нормальної морфології печінки хвилястого папуги є умовою для розробки ефективних методів профілактики і лікування хвороб органів травлення, розробки раціонів їх годівлі. Визначали особливості росту маси тіла, абсолютної і відносної маси і мікроскопічної будови печінки хвилястого папуги (*Melopsittacus undulatus*) 9 вікових груп: 1-, 3-, 7-, 14-, 21-добового, 1-, 2- і 6-місячного і 1-річного віку. Гістологічні парафінові зрізи виготовляли з правої частки згідно класичної методики, забарвлювали гематоксиліном і еозином, а також за Маллорі. Найбільш швидко маса тіла хвилястих папуг збільшувалась упродовж першого місяця постнатального періоду онтогенезу, упродовж якого – у перший тиждень. Маса дорослих птахів папуги досягали у 2-місячному віці. Найбільшого значення абсолютна маса печінка папуг сягала у 21-добовому віці, відносна маса – у 7-добовому. Через незначний вміст сполучної тканини, відсутність радіальності в розташуванні печінкових трубок, часточкова будова печінки папуг не була виражена і в цілому відповідала особливостям її морфології в птахів. Основними виразними структурами печінки папуг були печінкові трубки, що були розділені між собою кровоносними капілярами синусоїдного типу і іноді анастомозували між собою. На поздовжньому зрізі такі трубки складались з двох рядів гепатоцитів полігональної форми. На поперечному зрізі печінкові трубки містили в центральній частині жовчний капіляр і складались з 5-8 гепатоцитів, що мали вузький апікальний (жовчний) полюс і широкий базальний (васкулярний) полюс. У папуг молодшого віку іноді виявляли зрізи печінкових трубок, що мали форму кільця, стінка якого була утворена з двох рядів гепатоцитів, а його центральна частина містила кровоносний капіляр. Особливістю печінки пташенят 1-7-добового віку була наявність значної кількості дрібних осередків кровотворення, а також великої кількості жирових включень у гепатоцитах. Періоду найбільш інтенсивного росту маси тіла хвилястих папуг відповідали найбільші показники абсолютної і відносної маси печінки, відносної площі паренхіми, площі ядра і ядерно-цитоплазматичного відношення гепатоцитів.

**Ключові слова:** хвилястий папуга, органи травлення, анатомічна і гістологічна будова.

**Вступ.** *Актуальність теми.* Найбільш поширеним видом диких птахів, що містяться в неволі в домашніх умовах, є хвилясті папуги (*Melopsittacus undulatus*) (Pekmezci et al., 2020). Папуги є популярними птахами в домашньому утриманні через незвичайне забарвлення пір'я, вокальні і інтелектуальні здібності. Як встановлено Emery (2006), воронові та папуги, які мають розвиток переднього мозку щодо маси тіла, що й мавпи, і мають тривалий період розвитку, перш ніж стати незалежними, демонструють мавпоподібний інтелект. Гематологічно пситацини є дуже однорідною групою птахів з невеликими відмінностями між видами, що дуже відрізняються від інших груп птахів (Polo et al., 1998). Загальні біологічні відомості, інформацію про утримання і годівлю щодо папуг викладено в науковій і науково-популярній літературі. У той же час, як відмічають Eggleston et al. (2019), наші знання про живлення екзотичних видів птахів в основному засновані на даних, зібраних стосовно свійської курки, що є основою для дієтичних рекомендацій для птахів-компаньйонів. Недоїдання у пситацинів є поширеним явищем (Cornejo et al., 2012). З іншого боку, найпоширенішим порушенням здоров'я, яке

спостерігали власники хвилястих папуг, було їх ожиріння, що було виявлено у 26,4 % птахів (Wickermann & Krautwald-Junghanns, 2021). Активну участь в регуляції процесів метаболізму, травлення бере найбільша залоза організму – печінка. У той же час, незначний і фрагментарний обсяг наукової інформації щодо особливостей морфології печінки папуг свідчить про недостатню розробку цього питання вікової морфології, а поширеність хвороб органів травлення вказує про актуальність таких досліджень.

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.* Зростаюча популярність домашніх птахів протягом останніх десятиліть підкреслила роль медицини птахів в глобальному ветеринарному сценарії. Така потреба у спеціальній пташиній медичній практиці відображає зростаючі очікування щодо діагностичних процедур (Veladiano et al., 2016). Багато видів папуг, що утримуються в неволі, часто демонструють погане розмноження, здоров'я та виживання (Larcombe et al., 2015). У годівлі папуг важливе значення має їх вік. Як вказують Westfahl et al. (2008), у дорослих домашніх птахів слід уникати зайвого надмірного споживання білка, що, відбувається під час їх утримання людиною, з огляду на вікове зниження ефективності органів печінки і нирок.

Захворювання печінки є доволі частою незаразною патологією папуг (Seeley et al., 2014; Cassmann et al., 2019; Gall et al., 2020). Досліджуючи ураження, виявлені в 257 випадках загибелі хвилястих папуг, було встановлено, що однією з поширених патологій були гепатит та осередковий некроз печінки (Baker, 1980). Beaufrère et al. (2019) повідомляють про поширеність уражень печінки, пов'язаних з метаболізмом ліпідів, таких як ліпідоз. Унаслідок виразкового ентериту в печінці та селезінці пситтацинів було виявлено мультифокальний фібриноїдний некроз, пов'язаний з дуже помірною запальною реакцією (Pizarro et al., 2005). Печінка, поряд з легенями, селезінкою та серцем є потенційним місцем метастазів онкологічних захворювань папуг (Snyder & Treuting, 2014).

Крім того, печінка уражується і через заразні захворювання, викликані інфекційними збудниками. Про генералізоване гранулематозне ураження печінки, тонкого кишечника, легень, селезінки та медулярної порожнини довгих кісток повідомляють McRee et al. (2017). На появу і розвиток патологій папуг впливає їх вік. Так, у природно інфікованих *Salmonella gallinarum* хвилястих папуг, отриманих із трьох комерційних господарств, найчастішими видами патології, виявленими у молодих птахів під час розтину, були перитоніт і перикардит, тоді як у дорослих птахів місцем патології була печінка, де були виявлені розсіяні сіро-білі некротичні вогнища. У дорослих хвилястих папуг з гострою інфекцією був некроз печінки з осередковою гетерофільною інфільтрацією; у той час як у хронічних випадках ураження мали гранулематозний характер з інфільтрацією макрофагами, лімфоцитами та гістіоцитами (Tunca et al., 2012).

Мікроскопічна організація печінки птахів, в першу чергу свійської курки, достатньо вивчена (Stornelli et al., 2006; Nishimura et al., 2009; Yoshida et al., 2010; Hünigen et al., 2016; Alshamy et al., 2019). У той же час, як вказують Earle & Clarke (1991), інформація стосовно особливостей морфології органів травлення хвилястих папуг є обмеженою, незважаючи на актуальність питань живлення, а також діагностики і лікування патологій органів травлення.

*Метою роботи* було визначити вікові морфологічні особливості печінки хвилястого папуги (*Melopsittacus undulatus*).

*Завдання дослідження* полягало у встановленні топографії, показників абсолютної і відносної маси, а також особливостей мікроскопічної будови печінки хвилястих папуг 9 вікових груп з добового до 1-річного віку.

**Матеріал і методи досліджень.** Матеріал для морфологічних досліджень було відібрано від хвилястих папуг (*Melopsittacus undulatus*) 9 вікових груп: 1-, 3-, 7-, 14-, 21-добового, 1-, 2-, 6-місячного і 1-річного віку (n=5). Абсолютну масу тіла папуг і печінки визначали за допомогою ваг «ВЛКТ-500» і торсіонних ваг «Techniprot Waga Torsyjna-WT 250». Під час відбору печінки визначали її топографію, форму, розмір і колір. Утримання папуг та маніпуляції з ними виконували відповідно до Європейської конвенції про захист

хребетних тварин, що використовують для дослідних та інших наукових цілей (Страсбург, 1986). Годівлю птахів здійснювали стандартною зерною сумішшю, основою якої було жовте, біле та червоне просо, а також овес, лляне канаркове і соняшникове насіння. Крім того, в кормі постійно був пісок, до його складу добавляли сушені фрукти і овочі, раз на тиждень вводили терте відварене куряче яйце. Корм і вода були свіжими і в постійному вільному доступі. Пташенят після вилуплення самки годували самостійно «зобним молочком», пізніше – розмоченими зернами із зобу.

Матеріал для гістологічних досліджень фіксували у 7-10 % водному розчині нейтрального формаліну, після зневоднення в спиртах зростаючої концентрації заливали в парафін за розробленою на кафедрі методикою (Kushch et al., 2010). З парафінових блоків виготовляли гістологічні зрізи товщиною 5-7 мкм за допомогою санного мікротому. Одержані гістологічні зрізи є зрізом правої частки залози з одного і того ж місця і виконані в одній площині. Гістологічні зрізи забарвлювали гематоксиліном і еозином, а також за Маллорі. Відносну площу паренхіми печінки визначали методом точкового підрахунку з використанням окулярної сітки. Морфометричні параметри мікроструктур печінки визначали на отриманих мікрофото в програмі *Adobe Photoshop CS5*. Дослідження гістологічних препаратів і виготовлення мікрофото виконували на мікроскопі «*Jenamed 2*» (*Carl Seiss Jena, Germany*).

Отримані цифрові дані обробляли однофакторним дисперсійним аналізом (ANNOVA) за допомоги програми статистичного аналізу *Biostat LE 7.3*. з визначенням середнього арифметичного –  $M$  і його стандартного відхилення –  $Sd$ . Оцінку достовірності різниці морфометричних показників між віковими групами виконували за допомоги критерію Тьюкі, де достовірними вважали різницю за  $P < 0,05$ .

**Результати досліджень та їх обговорення.** За результатами визначення інтенсивності росту хвилястих папуг встановлено, що найбільш швидко ріст папуг відбувався впродовж першого місяця після вилуплення (рис. 1). За цей віковий термін постнатального періоду онтогенезу маса тіла збільшилась у 15,3 рази. Причому за перший тиждень вона збільшилась на 561,9 %, за другий – на 46,8 %, за третій – на 50,0 % і за четвертий – на 6,9 %. За другий місяць маса тіла збільшилась на 11,6 %, за наступні 4 місяці – на 5,5 %. Порівняно з птахами 6-місячного віку маса тіла папуг 1-річного віку була меншою на 2,9 %. Одержані нами дані стосовно найбільш інтенсивного росту маси тіла хвилястих папуг упродовж перших двох тижнів життя узгоджуються з даними стосовно подібних змін маси тіла свійських птахів (Kushch et al., 2018; Amer et al., 2023).

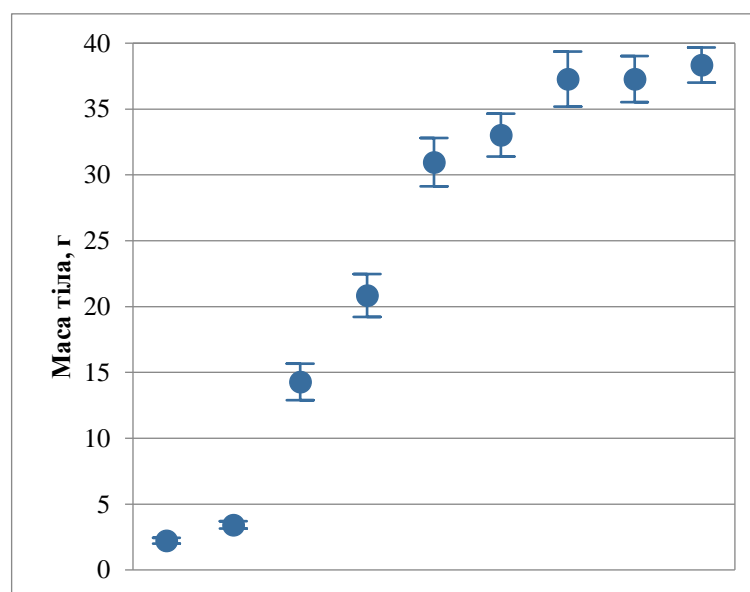


Рисунок 1. Графік маси тіла хвилястих папуг 1-добового – 1-річного віку ( $M \pm Sd$ ,  $n=5$ ).

Печінка хвилястих папуг розташована в грудно-черевній порожнині і складалась з двох часток: більшої правої і меншої лівої і не мала жовчного міхура. Більший розмір правої частки печінки порівняно з лівою є характерною особливістю більшості видів птахів (Schmidt et al., 2003). Про відсутність жовчного міхура у більшості видів голубів, а також у папуг і страуса Zaher et al., 2012; Veladiano et al., 2016; Higashiyama et al. (2021). За нашими даними, у пташенят хвилястих папуг переважно до 7-добового віку печінка мала жовто-глиняний колір; у птахів старшого віку вона набувала темно-коричневого кольору. Як вказують Schmidt et al. (2003), печінка пташенят після вилуплення є жовтою і залишається такою упродовж 8-14 діб, перш ніж стати червоно-фіолетовою, як у дорослих особин. Жовтий колір печінки обумовлений пігментом, який переноситься з ліпідами, що надходять із жовткового міхура на пізніх стадіях інкубації. Краніальна частина обох часток печінки хвилястих папуг оточувала вентральну поверхню верхівки серця. Вентральна поверхня печінки безпосередньо прилягала до грудини, що є характерним для більшості видів птахів (Schmidt et al., 2003). Шлунок і селезінка стикаються з вісцеральною поверхнею печінки та залишають на ній відбитки. Абсолютна маса печінки пташенят папуг добового віку становила  $103,2 \pm 14,9$  мг, відносна маса – 4,8 % (табл. 1). Надалі, на тлі поступового збільшення маси тіла абсолютна маса органу змінювалась, у певні вікові термін була більшою, або меншою порівняно з попереднім віком. Упродовж першого місяця абсолютна маса печінки збільшилась на 995,0 %; причому за перший тиждень вона збільшилась на 593,8 %, за другий – на 33,5 %, за третій – на 30,3 % і в 21-добовому віці досягла найбільшого значення за весь період спостереження –  $1246,0 \pm 128,6$  мг. За четвертий тиждень маса печінки зменшилась на 9,3 %. Упродовж другого місяця маса печінки збільшилась на 5,5 %. Порівняно з птахами 2-місячного віку, у папуг 6-місячного абсолютна маса печінки була меншою на 30,9 %. Порівняно з птахами 6-місячного віку у папуг 1-річного віку маса печінки була більшою на 23,1 %. Відносна маса печінки збільшувалась з 1- до 7-добового віку, сягаючи при цьому найбільшого значення – 5,2 %. Надалі вона зменшувалась, сягаючи найменшого значення (1,7 %) у папуг 6-місячного віку. Про поступове збільшення з віком абсолютної маси печінки і зменшення відносної маси печінки в курчат подвійного використання повідомляють Alshamy et al. (2019).

Таблиця 1

Показники маси печінки хвилястих папуг 1 – 365-ти добового віку,  $M \pm Sd$ ,  $n=5$

Вік, діб	Абсолютна маса печінки, мг	Відносна маса печінки, %
1 доба	$103,2 \pm 14,9^a$	4,8
3 доби	$140,0 \pm 12,3^{ab}$	4,1
7 діб	$716,0 \pm 109,9^b$	5,2
14 діб	$956,0 \pm 54,4^c$	4,7
21 доба	$1246,0 \pm 128,6^d$	4,1
1 місяць	$1130,0 \pm 92,0^d$	3,4
2 місяці	$1192,0 \pm 110,2^d$	3,3
6 місяців	$824,0 \pm 27,4^{bc}$	1,7
1 рік	$1014,0 \pm 57,9^{cd}$	2,1

**Примітки** (у цій та інших таблицях): різні літери позначають значення, що суттєво відрізняються одне від одного в межах стовпця за результатами порівняння за допомогою тесту Тьюкі ( $P < 0,05$ ).

Мікроскопічно печінка хвилястих папуг мала особливості, характерні для тварин класу *Aves*. Зовні вона була вкрита тонкою сполучнотканинною капсулою, поверх якої розташована серозна оболонка, зовнішнім шаром якої був мезотелій. Судини мікроциркуляторного русла, за якими визначається межі класичних печінкових часточок: центральні вени, міжчасточкові вена, артерія та жовчна протока були розташовані в паренхімі печінки без впізнаного характерного малюнка (рис. 2).

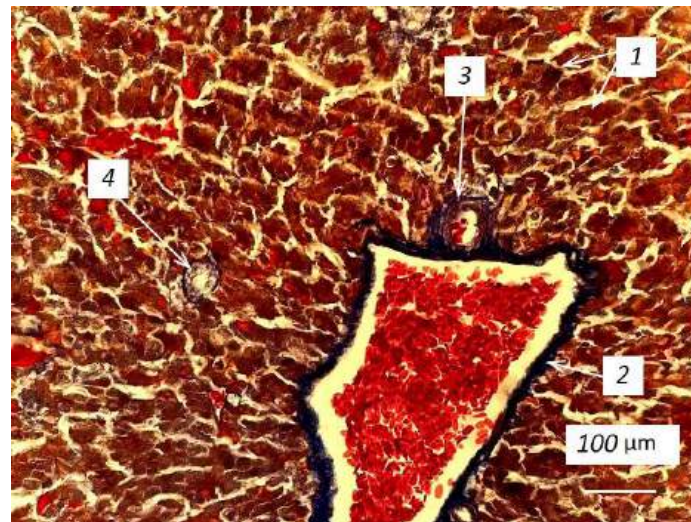


Рис. 2. Печінка хвилястого папуги 1-річного віку. Гістологічний препарат. 1 – печінкові трубки; 2 – венозна судина; 3 – артеріальна судина; 4 – жовчна вивідна протока; забарвлення за Маллорі.

Класичні печінкові часточки можна було визначити лише умовно за центральною веною часточки, слабо вираженою радіальністю розташування печінкових трубок і окремими судинами печінкових триад. Стосовно невираженості часточкової будови печінки птахів повідомляють Hünigen et al. (2016), Alshamy et al. (2019). Пухку сполучну неоформлену тканину виявляли лише в незначній кількості в складі портальних трактів і навколо окремих великих кровоносних і жовчних судин. Характерною особливістю мікроскопічної будови печінки птахів є печінкові трубки, що утворюють печінкові часточки і мають радіальний напрям відносно центральних вен часточок (Abdelwahab, 1987). Як відомо, структурою, що відповідає печінковим трубкам у птахів, у ссавців є печінкові балки, що складаються з двох рядів гепатоцитів, між якими розташований жовчний капіляр і які розмежовані між собою кровоносними капілярами (Zhakiyanova, 2023). На гістологічних препаратах печінкові трубки хвилястих папуг на їх поздовжніх зрізах були короткими, іноді анастомозували між собою, утворюючи Y-подібні структури. Одержані нами дані і інших дослідників щодо розташування гепатоцитів у формі трубочок дещо суперечать даним Schmidt et al., (2003), Stornelli et al. (2006), Alshamy et al. (2019), згідно яким паренхіму печінки птахів утворюють розгалужені пластинки гепатоцитів завтовшки в одну-дві клітини. Між печінковими трубками хвилястих папуг розташовані кровоносні капіляри, в стінці яких виявляли синусоїдальні клітини – ендотеліоцити з ядрами плоскої форми і клітини Купфера з ядрами округлої форми. У порожнині кровоносних капілярів виявляли клітини крові: овальної форми з ядрами еритроцити, а також іноді інші, такі як лейкоцити і тромбоцити. На поперечних зрізах печінкові трубки склались з 5-8 гепатоцитів, що мали трикутну форму з вузьким апікальним (жовчним) полюсом і широким округлим базальним (судинним) полюсом. Усередині таких трубок іноді виявляли вузький просвіт жовчного капіляра. На поздовжніх зрізах трубок гепатоцити мали характерну для них полігональну форму, містили ядро овальної або округлої форми. Серед гепатоцитів за вмістом хроматину можна було виділити більші світлі і дрібніші темні ядра. Про виявлення великих ядер гепатоцитів у хвилястого папуги повідомляє Feder, 1969. Іноді зустрічали клітини з двома ядрами, що, як і поліплоїдія, є характерним для гепатоцитів (Donne et al., 2020; Jin et al., 2022). У папуг молодшого віку виявляли печінкові трубки, що мали форму кільця, в центральній частині якого був кровоносний капіляр, а його стінка була утворена з двох рядів гепатоцитів, між якими проходив жовчний капіляр (рис. 3).

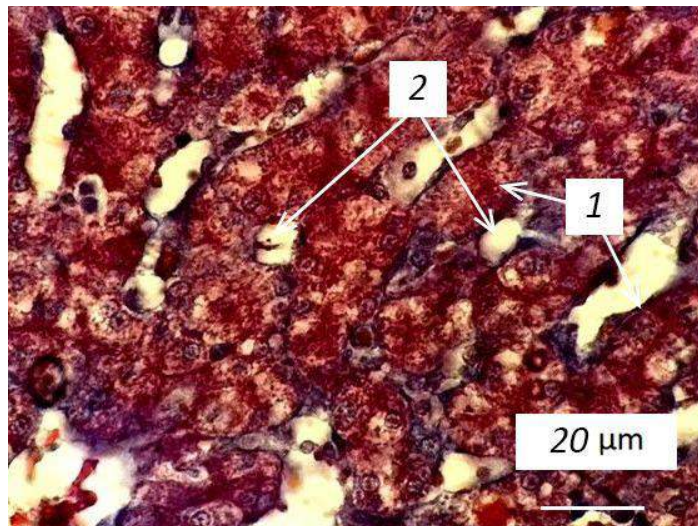


Рис. 3. Печінка хвилястого папууги 1-місячного віку. Гістологічний препарат. 1 – печінкові трубки; 2 – просвіт кровоносного капіляра; забарвлення за Маллорі.

Особливістю гепатоцитів пташенят 1-7-добового віку була наявність в них вакуолей округлої форми, що містили трофічні жирові включення, через що цитоплазма набувала пінистого вигляду. Найбільшою їх кількістю була в печінці папууг 1- і 3-добового віку. Про найбільш високий вміст ліпідів у печінці курчат 1-добового віку повідомляють Alshamy et al., 2019. Як відомо, в ранній постнатальний період відбувається активне засвоєння ліпідів, що містяться в жовтковому міхурі (Schmidt et al., 2003). Стінка дрібних жовчних протоків зсередини вистелена одношаровим кубічним епітелієм, що відрізняється від гепатоцитів більш світлою цитоплазмою.

У печінці пташенят папууг переважно до 7-добового віку між гепатоцитами, зовні венозних кровоносних судин виявляли осередки постембріонального кровотворення (рис. 4), що узгоджується з даними Schmidt et al. (2003) щодо наявності в печінці птахів осередків екстремедулярного кровотворення упродовж різного часу після їх вилуплення з яйця. У печінці старших папууг ми іноді зустрічали дрібні скупчення лімфоїдної тканини, що складались переважно з лімфоцитів, а також містили еозинофільні лейкоцити. Вони були розташовані як серед гепатоцитів у складі часток, так і в межах порталних трактів. Як відомо, скупчення лімфоїдної тканини є характерною особливістю печінки птахів (Alshamy et al., 2019; Amer et al., 2023).

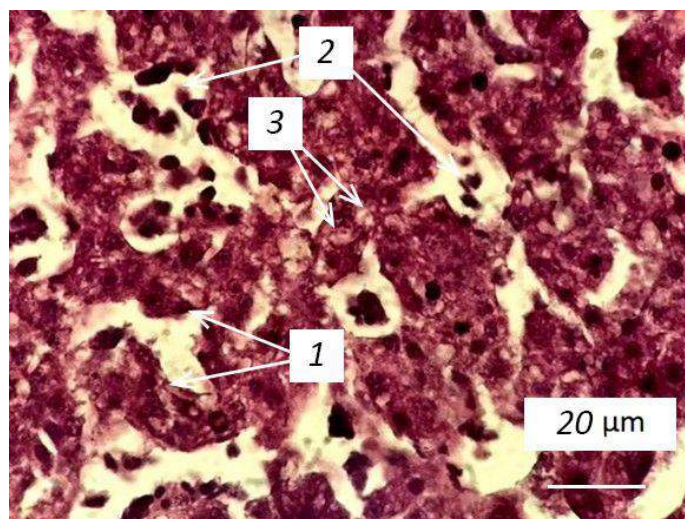


Рис. 4. Печінка хвилястого папууги 3-добового віку. Гістологічний препарат. 1 – печінкові трубки; 2 – осередки кровотворення; 3 – жирові включення в гепатоцитах; забарвлення гематоксиліном і еозином.

За результатами морфометричних досліджень нами встановлено, що відносна площа паренхіми печінки папуг різного віку упродовж першого року постнатального періоду онтогенезу становила  $75,8 \pm 1,0 - 83,7 \pm 2,3$  % (табл. 2).

У період з 1-добового до 21-добового віку цей показник поступово збільшувався, сягаючи при цьому найбільшого значення –  $83,7 \pm 2,3$  %. Надалі відносна площа паренхіматозних елементів печінки поступово зменшувалась: з 21-добового до 1-місячного на 2,6 %, з 1- до 2-місячного – на 1,0 %, з 2-місячного до 6-місячного – на 3,6 % і з 6-місячного до 1-річного віку – на 0,7 %. За даними Hünigen et al. (2016), на частку гепатоцитів в дорослих індичок припадало 80-85 % паренхіми печінки.

Найменше значення діаметру печінкової трубки виявлено у пташенят папути 3-добового віку. З віком птахів цей показник збільшувався і найбільшого значення сягав у 2-місячному віці; надалі, у птахів старшого віку він був меншим. У цілому, динаміка змін діаметру печінкової трубки корелювала з динамікою змін абсолютної маси печінки і відносною площею її паренхіми.

Таблиця 2

**Морфометричні показники печінки хвилястих папуг 1– 365-ти добового віку ( $M \pm Sd$ ,  $n=5$ )**

Вік	Відносна площа паренхіми, %	Діаметр трубки, мкм
1 доба	$78,1 \pm 0,2^{ab}$	$18,9 \pm 0,9^{ab}$
3 доби	$77,4 \pm 0,2^{ab}$	$17,3 \pm 1,0^a$
7 діб	$82,3 \pm 1,9^b$	$18,9 \pm 1,4^{ab}$
14 діб	$83,1 \pm 1,8^b$	$19,6 \pm 1,3^{ab}$
21 доба	$83,7 \pm 2,3^b$	$21,5 \pm 1,8^b$
1 місяць	$81,1 \pm 2,2^b$	$22,1 \pm 1,7^b$
2 місяці	$80,1 \pm 0,5^{ab}$	$24,6 \pm 2,2^b$
6 місяців	$76,5 \pm 1,7^{ab}$	$21,6 \pm 2,8^b$
1 рік	$75,8 \pm 1,0^a$	$19,2 \pm 0,7^{ab}$

Загальною закономірністю змін таких морфометричних показників печінки папуг, як площа гепатоцита і його цитоплазми, було їх збільшення відповідно до 2-місячного віку і деяке зменшення у старших птахів (табл. 3).

Таблиця 3

**Морфометричні показники гепатоцитів хвилястих папуг 1– 365-ти добового віку ( $M \pm Sd$ ,  $n=5$ )**

Вік	Площа, мкм <sup>2</sup>			ЯЦВ
	гепатоцита	цитоплазми	ядра	
1 доба	$51,8 \pm 1,26^{ab}$	$36,9 \pm 1,10^{ab}$	$14,9 \pm 0,57^{ab}$	$0,40 \pm 0,01^{ab}$
3 доби	$50,9 \pm 0,37^a$	$35,8 \pm 0,93^{ab}$	$15,1 \pm 0,29^{ab}$	$0,42 \pm 0,01^b$
7 діб	$51,0 \pm 0,40^{ab}$	$35,1 \pm 0,75^a$	$15,9 \pm 0,55^{bc}$	$0,45 \pm 0,01^{bc}$
14 діб	$52,7 \pm 1,02^b$	$35,5 \pm 0,64^{ab}$	$17,2 \pm 0,66^c$	$0,49 \pm 0,02^c$
21 доба	$52,2 \pm 0,44^{ab}$	$36,4 \pm 0,48^{ab}$	$15,8 \pm 0,24^b$	$0,43 \pm 0,01^{bc}$
1 місяць	$53,2 \pm 0,39^b$	$38,0 \pm 0,93^b$	$15,2 \pm 0,40^{ab}$	$0,40 \pm 0,01^{ab}$
2 місяці	$54,1 \pm 0,84^b$	$39,0 \pm 0,73^b$	$15,1 \pm 0,47^{ab}$	$0,39 \pm 0,02^{ab}$
6 місяців	$53,3 \pm 0,66^b$	$38,7 \pm 0,47^b$	$14,6 \pm 0,38^a$	$0,38 \pm 0,02^a$
1 рік	$51,7 \pm 0,61^{ab}$	$37,1 \pm 0,93^{ab}$	$14,7 \pm 0,38^{ab}$	$0,40 \pm 0,01^{ab}$

Найбільше значення площі ядра гепатоцита встановлено в папуг 14-добового віку, якому відповідало і найбільше значення ядерно-цитоплазматичного відношення. Як відомо, збільшення цього показника свідчить про активізацію функціонального стану клітин (Vizzotto et al., 1989; Pedler et al., 2022). Більш високі значення цього показника у пташенят 7-21-добового віку відповідали найбільш інтенсивному збільшенню маси тіла папуг.



## Висновки

1. Найбільш інтенсивно збільшення маси тіла хвилястих папуг відбувалось упродовж першого місяця постнатального періоду онтогенезу, а в цей період – у перший тиждень.
  2. Найбільших показників абсолютної маси печінка хвилястих папуг сягала у 21-добовому віці, а відносної маси – у 7-добовому, надалі ці показники були меншими.
  3. Мікроскопічно печінка хвилястих папуг різного віку відповідала основним особливостям її будови в птахів, таким як трубчова організація гепатоцитів і не вираженість часточкової будови.
  4. Характерною особливістю мікроскопічної будови печінки хвилястих папуг 1-7-добового віку була наявність осередків кровотворення і великої кількості трофічних жирових включень у гепатоцитах.
  5. Найбільші показники абсолютної і відносної маси печінки, відносної площі паренхіми, площі ядра і ядерно-цитоплазматичного відношення гепатоцитів були властивими для періоду найбільш інтенсивного збільшення маси тіла хвилястих папуг.
- Перспективою подальших досліджень вважаємо мікроскопічне вивчення будови інших органів травлення хвилястих папуг.

## References

1. Abdelwahab, E. M. (1987). Ultrastructure and arrangement of hepatocyte cords in the duckling's liver. *Journal of Anatomy*, 150, 181-189.
2. Alshamy, Z., Richardson, K. C., Harash, G., Hünigen, H., Röhe, I., Hafez, H. M., Plendl, J. & Al Masri S. (2019). Structure and age-dependent growth of the chicken liver together with liver fat quantification: A comparison between a dual-purpose and a broiler chicken line. *PLoS One*. 14(12), e0226903. doi: [10.1371/journal.pone.0226903](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226903)
3. Amer, S. A., Behairy, A., Gouda, A., Abdel-Warith, A. A., Younis, E. M., Roushdy, E. M., Moustafa, A. A., Abd-Allah, N. A., Reda, R., Davies S. J. & Ibrahim, S. M. (2023). Dietary 1,3- $\beta$ -glucans affect growth, breast muscle composition, antioxidant activity, inflammatory response, and economic efficiency in broiler chickens. *Life (Basel)*, 13(3), 751. doi: [10.3390/life13030751](https://doi.org/10.3390/life13030751)
4. Baker, J. R. (1980). A survey of causes of mortality in budgerigars (*Melopsittacus undulatus*). *Veterinary Record*. 106(1), 10-12. doi: [10.1136/vr.106.1.10](https://doi.org/10.1136/vr.106.1.10).
5. Beaufrère, H., Reavill, D., Heatley, J. & Susta, L. (2019). Lipid-related lesions in quaker parrots (*Myiopsitta monachus*). *Veterinary Pathology*, 56(2), 282-288. doi: [10.1177/0300985818800025](https://doi.org/10.1177/0300985818800025)
6. Cassmann, E., Zaffarano, B., Chen, Q., Li, G. & Haynes, J. (2019). Novel siadenovirus infection in a cockatiel with chronic liver disease. *Virus Research*, 2(263), 164-168. doi: [10.1016/j.virusres.2019.01.018](https://doi.org/10.1016/j.virusres.2019.01.018)
7. Cornejo, E. S., Dierenfeld, E. S., Bailey, C. A. & Brightsmith, D. J. (2012). Predicted metabolizable energy density and amino acid profile of the crop contents of free-living scarlet macaw chicks (*Ara macao*). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition (Berl)*, 96(6), 947-54. doi: [10.1111/j.1439-0396.2011.01218.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2011.01218.x)
8. Donne, R., Saroul-Aïnama, M., Cordier, P., Celton-Morizur, S. & Desdouets, C. (2020). Polyploidy in liver development, homeostasis and disease. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 17(7), 391-405. doi: [10.1038/s41575-020-0284-x](https://doi.org/10.1038/s41575-020-0284-x)
9. Earle, K. E. & Clarke, N. R. (1991). The nutrition of the budgerigar (*Melopsittacus undulatus*). *The Journal of Nutrition*, 121(11), 186-92. doi: [10.1093/jn/121.suppl\\_11.S186](https://doi.org/10.1093/jn/121.suppl_11.S186)
10. Eggleston, K. A., Schultz, E. M. & Reichard, D. G. (2019). Assessment of three diet types on constitutive immune parameters in captive budgerigar (*Melopsittacus undulatus*). *Journal of Avian Medicine and Surgery*, 33(4), 398-405. doi: [10.1647/2018-395](https://doi.org/10.1647/2018-395)

11. Emery, N. J. (2006). Cognitive ornithology: the evolution of avian intelligence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 361(1465), 23–43. doi: [10.1098/rstb.2005.1736](https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1736)
12. Feder, F. H. (1969). Beitrag zur makroskopischen und mikroskopischen anatomie des Verdauungsapparates beim Wellensittich (*Melopsittacus undulatus*). *Annals of Anatomy – Anatomischer Anzeiger*, 125(3), 233-255.
13. Gall, A. J., Burrough, E. R., Zhang, D. R., Magstadt, Yim-Im W., Stevenson, G. W., Derscheid, R. J., Piñeyro, P., Zheng, Y., Li, G. & Olds, J. E. (2020). Identification and correlation of a novel siadenovirus in a flock of budgerigars (*Melopsittacus undulates*) infected with salmonella typhimurium in the United States. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 51(3), 618-630. doi: [10.1638/2019-0083](https://doi.org/10.1638/2019-0083)
14. Higashiyama, H. & Kanai, Y. (2021). Comparative anatomy of the hepatobiliary systems in quail and pigeon, with a perspective for the gallbladder-loss. *The Journal of Veterinary Medical Science*, 83(5), 855-862. doi: [10.1292/jvms.20-0669](https://doi.org/10.1292/jvms.20-0669)
15. Hünigen, H., Mainzer, K., Hirschberg, R. M., Custodis, P., Gemeinhardt, O., Al Masri, S., Richardson, K. C., Hafez, H. M. & Plendl, J. (2016). Structure and age-dependent development of the turkey liver: a comparative study of a highly selected meat-type and a wild-type turkey line. *Poultry Science*, 95(4), 901-11. doi: [10.3382/ps/pev358](https://doi.org/10.3382/ps/pev358)
16. Jin Y., Anbarchian T. & Nusse R. (2022). Assessment of hepatocyte ploidy by flow cytometry. *Methods in Molecular Biology*, 2544, 171-181. doi: [10.1007/978-1-0716-2557-6\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2557-6_12)
17. Kushch, M. M., Byrka, O. V., Byrka, V. S. & Makhotina, D. S. (2018). Pokaznyky rostu masy tila i kyshechnyku kachok. *Veterynariia, tekhnologii tvarynnytstva ta pryrodokorystuvannia : naukovo-praktychnyi zhurnal*, 1, 119-122. (in Ukraine).
18. Kushch, M. M., Konovalova, N. I., Byrka, V. S., Zhyhalova, O. Ye., Byrka, O. V., Fesenko, I. A. & Kushch, L. L. (2010). Patent Ukrainy na korysnu model 56832. Kyiv: Derzhavne patentne vidomstvo Ukrainy.
19. Larcombe, S. D., Tregaskes, C. A., Coffey, J., Stevenson, A. E., Alexander, L. G. & Arnold, K. E. (2015). Oxidative stress, activity behaviour and body mass in captive parrots. *Conservation Physiology*, 3(1), cov045. doi: [10.1093/conphys/cov045](https://doi.org/10.1093/conphys/cov045)
20. McRee, A. E., Higbie, C. T., Nevarez, J. G., Rademacher, N. T. & Tully, T. N. (2017). Mycobacteriosis in captive psittacines: a brief review and case series in common companion species (*Eclectus roratus*, *Amazona oratrix*, and *Pionites melanocephala*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 48(3), 851-858. doi: [10.1638/2016-0176.1](https://doi.org/10.1638/2016-0176.1)
21. Nishimura, S., Sagara, A., Oshima, I., Ono, Y., Iwamoto, H., Okano, K., Miyachi H. & Tabata, S. (2009). Immunohistochemical and scanning electron microscopic comparison of the collagen network constructions between pig, goat and chicken livers. *Animal science journal*, 80(4), 451-459. DOI: [10.1111/j.1740-0929.2009.00660.x](https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2009.00660.x)
22. Pedler R. L., Harris J. O., Thomson N. L., Buss J. J., Stone D. A. J. & Handler J. H. (2022). Development of a semi-quantitative scoring protocol for gill lesion assessment in greenlip abalone *Haliotis laevigata* held at elevated water temperature. *Diseases of Aquatic Organisms*, 150, 37-51. doi: [10.3354/dao03673](https://doi.org/10.3354/dao03673)
23. Pekmezci, D., Yetismis, G., Esin, C., Duzlu, O., Colak, Z. N., Inci, A., Pekmezci, G. Z. & Yildirim, A. (2020). Occurrence and molecular identification of zoonotic microsporidia in pet budgerigars (*Melopsittacus undulatus*) in Turkey. *Medical Mycology*, 17. doi: [10.1093/mmy/myaa088](https://doi.org/10.1093/mmy/myaa088)
24. Pizarro, M., Höfle, U., Rodríguez-Bertos A., González-Huecas M. & Castaño M. (2005). Ulcerative enteritis (quail disease) in lorries. *Avian Diseases*, 49(4), 606-608. doi: [10.1637/7342-020805R.1](https://doi.org/10.1637/7342-020805R.1)
25. Polo, F. J., Peinado, V. I., Viscor, G. & Palomeque, J. (1998). Hematologic and plasma chemistry values in captive psittacine birds. *Avian Diseases*, 42(3), 523-35.
26. Schmidt, R. E., Reavill, D. R. & Phalen, D. N. (2003). Pathology of pet and aviary birds. Iowa State Press A Blackwell Publishing Company. 234 p.

27. Seeley, K. E., Baitchman, E., Bartlett, S., DebRoy, C. & Garner, M. M. (2014). Investigation and control of an attaching and effacing *Escherichia coli* outbreak in a colony of captive budgerigars (*Melopsittacus undulatus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 45(4), 875-82. doi: [10.1638/2012-0281.1](https://doi.org/10.1638/2012-0281.1)
28. Snyder, J. M. & Treuting, P. M. (2014). Pathology in practice. Adenocarcinoma of the proventriculus with liver metastasis and marked, diffuse chronic-active proventriculitis and ventriculitis with moderate *M. ornithogaster* infection in a budgerigar. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 244(6), 667-669. doi: [10.2460/javma.244.6.667](https://doi.org/10.2460/javma.244.6.667)
29. Stornelli, M. R., Ricciardi, M. P., Giannessi, E. & Coli, A. (2006). Morphological and histological study of the ostrich (*Struthio camelus* L.) liver and biliary system. *Italian Journal of Anatomy and Embryology*, 111(1), 1-7.
30. Tunca, R., Toplu, N., Kirkan, S., Avci, H., Aydoğan, A., Epikmen, E.T. & Tekbiyik, S. (2012). Pathomorphological, immunohistochemical and bacteriological findings in budgerigars (*Melopsittacus undulatus*) naturally infected with *S. gallinarum*. *Avian Pathology*, 41(2), 203-209. doi: [10.1080/03079457.2012.663076](https://doi.org/10.1080/03079457.2012.663076)
31. Veladiano, I. A., Banzato, T., Bellini, L., Montani, A., Catania, S. & Zotti, A. (2016). Normal computed tomographic features and reference values for the coelomic cavity in pet parrots. *BMC Veterinary Research*, 12(1), 182. doi: [10.1186/s12917-016-0821-6](https://doi.org/10.1186/s12917-016-0821-6)
32. Vizzotto L., Romani F., Ferrario V. F., Degna C. T. & Aseni P. (1989). Characterization by morphometric model of liver regeneration in the rat. *American Journal of Anatomy*, 185(4), 444-54. doi: [10.1002/aja.1001850407](https://doi.org/10.1002/aja.1001850407)
33. Westfahl, C., Wolf, P. & Kamphues, J. (2008). Estimation of protein requirement for maintenance in adult parrots (*Amazona* spp.) by determining inevitable N losses in excreta. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* (Berl). 92(3), 384-389. doi: [10.1111/j.1439-0396.2008.00814.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2008.00814.x)
34. Wickermann, S. & Krautwald-Junghanns, M. E. (2021). Beurteilung der Haltungsbedingungen von Wellensittichen (*Melopsittacus undulatus*) und Nymphensittichen (*Nymphicus hollandicus*) in Deutschland [Evaluation of housing conditions of budgerigars (*Melopsittacus undulatus*) and cockatiels (*Nymphicus hollandicus*) in Germany]. *Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere*. 49(6). 425-435. German. doi: [10.1055/a-1668-9122](https://doi.org/10.1055/a-1668-9122)
35. Yoshida, K., Yasuda, M., Nasu, T., Murakami, T. (2010). Scanning electron microscopic study of vascular and biliary casts in chicken and duck liver. *Journal of Veterinary Medical Science*, 72(7), 925-928. doi: [10.1292/jvms.09-0516](https://doi.org/10.1292/jvms.09-0516)
36. Zaher, M., El-Ghareeb, A-W., Hamdi, H. & AbuAmod F. (2012). Anatomical, histological and histochemical adaptations of the avian alimentary canal to their food habits: I – *Coturnix coturnix*. *Life Science Journal*, 9(3), 253-275.
37. Zhakiyanova, M. S., Seilgazina, S. M., Ygiyeva, A., Dzhamanova, G. I. & Derbyshev, K. Y. (2023). Age changes in extramural digestive glands of sheep and rabbits in the postembryonic period. *Open Veterinary Journal*, (1), 123-130. doi: [10.5455/OVJ.2023.v13.i1.14](https://doi.org/10.5455/OVJ.2023.v13.i1.14)