

Pathomorphological changes in the lungs of Red-eared turtles (*Trachemys scripta elegans* (Wied, 1839)) with pneumonia and in the liver at parenteral administration of Ceftiofur

V. Chuliuk✉ | R. Dankovych✉

Article info

Correspondence Author
V. Chuliuk
R. Dankovych
E-mail:
Slawakill96@gmail.com
danco1802@gmail.comStepan Gzhytskyi National
University of Veterinary
Medicine and
Biotechnologies Lviv,
Pekarska Str., 50,
Lviv, 79010,
Ukraine**Citation:** Chuliuk, V., & Dankovych, R. (2023). Pathomorphological changes in the lungs of Red-eared turtles (*Trachemys scripta elegans* (Wied, 1839)) with pneumonia and in the liver at parenteral administration of Ceftiofur. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (2), 110–115. doi: 10.31210/spi2023.26.02.19

Pneumonia is quite common in reptiles, and antibiotics, including cephalosporins, are widely used in its treatment. The study was aimed to investigate the pathomorphology of heterophilic pneumonia in Red-eared freshwater turtles (*Trachemys scripta elegans* (Wied, 1839)), as well as to study the pathomorphological changes that develop in the liver of turtles after parenteral administration of Ceftiofur. The turtles of the experimental group 1 (n=3) developed heterophilic pneumonia. The Red-eared turtles of the 2-nd experimental group (n=3) were administered 2.2 mg/kg of Ceftiofur daily intramuscularly. Specimens for histological and ultrastructural studies were collected on day 14 of the experiment. Histological sections were made using a sled microtome and a cryostat microtome, stained with a hematoxylin and eosin, and Sudan III. Electron microscopic examination was performed using a PEM-100-01 electron microscope. As a result of the study, it was found that in Red-eared turtles with the development of heterophilic pneumonia, there is an accumulation of exudate in the lumen of the fovea, which contains a significant number of heterophils, erythrocytes, macrophages, and plasma elements. It was found that the introduction of therapeutic doses of Ceftiofur in the liver develops hyperemia of venous vessels of different sizes, dystrophic changes in hepatocytes, as well as necrotic changes in single cells of the liver parenchyma, a decrease in the content of neutral fats in the cytoplasm of hepatocytes, and a decrease in the density of the melanocrophafe complexes. Transmission electron microscopy of the liver revealed dilation of the tubules of the granular endoplasmic reticulum of hepatocytes, swelling of mitochondria, destruction of their crusts, and a decrease in the content of glycogen granules in the hepatocyte cytoplasm. Thus, it has been determined that the development of heterophilic pneumonia in red-eared freshwater turtles is accompanied by the development of a vascular reaction in the lungs and the predominance of the exudates of heterophiles. After the introduction of therapeutic doses of Ceftiofur, alternative changes in hepatocytes develop in the liver, and discriminative changes are recorded in the vascular system of the liver.

Keywords: Red-eared turtle, reptiles, heterophilic pneumonia, Ceftiofur, liver.

Патоморфологічні зміни легень Червоновухих прісноводних черепах (*Trachemys scripta elegans* (Wied, 1839)) при пневмонії та печінки за парентерального введення цефтіфуру

В. І. Чулюк | Р. С. Данкович

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

У рептилій досить часто трапляється пневмонія, при лікуванні якої широко використовують антибіотики, у тому числі цефалоспорини. Метою та завданням роботи було дослідження патоморфології гетерофільної пневмонії Червоновухих прісноводних черепах (*Trachemys scripta elegans* (Wied, 1839)), а також вивчення патоморфологічних змін, які розвиваються в печінці черепах при парентеральному введенні цефтіфуру. У черепах 1 дослідної групи (n=3) реєстрували розвиток гетерофільної пневмонії. Червоновухим прісноводним черепахам 2-гої дослідної групи (n=3) щоденно внутрішньом'язово вводили 2,2 мг/кг цефтіфуру. Матеріал для гістологічного та ультраструктурного дослідження відбирали на 14 добу досліді. Гістологічні зрізи виготовляли за допомогою санного мікротома та мікротома-криостата, фарбували гематоксином та еозином, суданом III. Електронномікроскопічне дослідження проводили за допомогою електронного мікроскопа ПЕМ-100-01. У результаті проведеного дослідження встановлено, що в Червоновухих прісноводних черепах за розвитку гетерофільної пневмонії відзначається нагромадження в просвіті фовеол ексудату, який містить значну кількість гетерофілів, еритроцитів, макрофагів, елементів плазми крові. Встановлено, що за парентерального введення терапевтичних доз цефтіфуру в печінці розвивається гіперемія венозних судин різного калібру, дистрофічні зміни гепатоцитів, а також некротичні зміни поодиноких клітин паренхіми печінки, встановлено зменшення вмісту нейтральних жирів у цитоплазмі гепатоцитів, а також відзначається зниження щільності меланокрофагальних комплексів. За проведення трансмісійної електронної мікроскопії печінки виявили розширення каналців гранулярної ендоплазматичної сітки гепатоцитів, набухання мітохондрій, деструкцію їх крист, зменшення вмісту гранул глікогену в цитоплазмі гепатоцитів. Таким чином встановлено, що за гетерофільної пневмонії в Червоновухих прісноводних черепах окрім нагромадження в респіраторних ділянках легень ексудату, який містить значну кількість гетерофілів також реєструється виражена судинна реакція. За введення терапевтичних доз цефтіфуру в печінці розвиваються альтеративні зміни гепатоцитів, а в судинній системі печінки виникають дисциркуляторні зміни.

Ключові слова: Червоновуха прісноводна черепаха, рептилії, гетерофільна пневмонія, цефтіфуру, печінка.**Бібліографічний опис для цитування:** Чулюк В. І. Данкович Р. С. Патоморфологічні зміни легень Червоновухих прісноводних черепах (*Trachemys scripta elegans* (Wied, 1839)) при пневмонії та печінки за парентерального введення цефтіфуру. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (2). С. 110–115.

Вступ

Найбільш поширеним видом черепах, який експортується в різні країни та утримується в неволі є Червоновуха прісноводна черепаха (*Trachemys scripta elegans* (Wied, 1839)) [1–2]. Неправильні умови утримання, у тому числі невідповідність параметрів вологості, температурного режиму, неповноцінна годівля, можуть спричинити розвиток незаразної та інфекційної патології, у тому числі хвороб органів дихання [3, 4, 5].

Досить часто в черепах трапляються пневмонії [6, 7]. Базовим елементом лікування пневмоній є використання антибіотиків. Несвоєчасність та неадекватність використання антибіотиків може призвести до негативних наслідків. Слід зазначити, що застосування антибіотиків при лікуванні хвороб рептилій, на сьогоднішній день, є недостатньо вивченим питанням.

Значна кількість антибіотиків володіє гепатотоксичною дією. У вітчизняній та закордонній літературі досить рідко зустрічаються дані у яких описано патологоанатомічні зміни в черепах за розвитку пневмоній, а також структурні зміни внутрішніх органів, які розвиваються унаслідок впливу антибіотиків.

У зв'язку цим актуальним питанням сучасної ветеринарної медицини є дослідження патоморфології пневмоній у різних видів плазунів, а також вивчення впливу антибіотиків на морфологічний стан печінки.

Мета дослідження

Метою та завданням роботи було дослідження патоморфології гетерофільної пневмонії Червоновухих прісноводних черепах (*Trachemys scripta elegans* (Wied, 1839)), а також вивчення патоморфологічних змін, які розвиваються в печінці черепах при парентеральному введенні цефтіфуру.

Матеріали і методи

Дослідження проводили на статевозрілих Червоновухих прісноводних черепахах (*Trachemys scripta elegans* (Wied, 1839)). Було сформовано 2 дослідні групи черепах. У Червоновухих прісноводних черепахах (*Trachemys scripta elegans* (Wied, 1839)) першої дослідної групи реєстрували розвиток гетерофільної пневмонії. Червоновухим прісноводним черепахам (*Trachemys scripta elegans* (Wied, 1839)) другої дослідної групи щоденно внутрішньом'язово вводили цефтіфуру (діюча речовина цефтіфуру). Ін'єкції цефтіфуру проводили в м'язи грудної кінцівки в дозі 2.2 мг/кг кожні 24 год. Під час проведення досліджень дотримувались рекомендацій “Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей (Страсбург, 18 березня, 1986 року)” [8]. Евтаназію проводили за допомогою ін'єкції тіопенталу натрію в грудно-черевну порожнину в дозі 100 мг/кг. Відбір зразків (легень та печінки) проводили на 14 добу дослідження. Для

проведення гістологічного дослідження шматочки органів фіксували в 10 % забуференому розчині нейтрального формаліну [9].

Виготовлення гістозрізів проводили за допомогою санного мікротома та мікротома-кріостата. Гістозрізи фарбували гематоксилином та еозином [9]. Для виявлення нейтральних жирів гістопрепарати фарбували суданом III. Гістологічне дослідження та фотографування проводили з використанням мікроскопа Leica DM-2500 (Switzerland), фотокамери Leica DFC450C і програмного забезпечення Leica Application Suite Version.

Для проведення трансмісійної електронної мікроскопії фрагменти легень та печінки Червоновухих прісноводних черепах (*Trachemys scripta elegans* (Wied, 1839)) фіксували у 2 % розчині OsO₄ у фосфатному буфері (рН 7,36). Ультратонкі зрізи виготовляли за допомогою ультрамікротома УМП-3М, монтували на опорні сітки та контрастували у 2 % розчині ураніацетату [10]. Електронномікроскопічне дослідження проводили за допомогою електронного мікроскопа ПЕМ-100-01.

Результати та їх обговорення

У Червоновухих прісноводних черепах (*Trachemys scripta elegans* (Wied, 1839)) в яких розвивалась гетерофільна пневмонія легені були збільшені, почервонівші, з поверхні розрізу стікала кров'яниста, мутна, подекуди піниста рідина. Шматочки легень з пневмонічних ділянок тонули у воді. За гістологічного дослідження легень виявили, що артеріальні та венозні судини середнього та дрібного калібру (рис. 1), а також судини гемомікроциркуляторного русла були розширені, переповнені еритроцитами та гетерофілами.

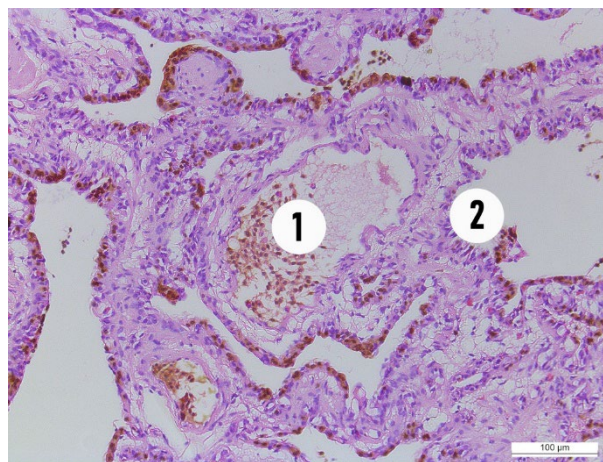


Рис. 1. Гіперемія судин (1) легень, поліморфноклітинний ексудат (2) у фовеолах. Гематоксилін та еозин

У фовеолах нагромаджувався ексудат, до складу якого входили гетерофіли, макрофаги, еритроцити, лімфоцити (рис. 2) та елементи плазми крові. В трабекулах легень зустрічались крововиливи та ділянки інфільтрації гетерофілами та лімфоцитами.

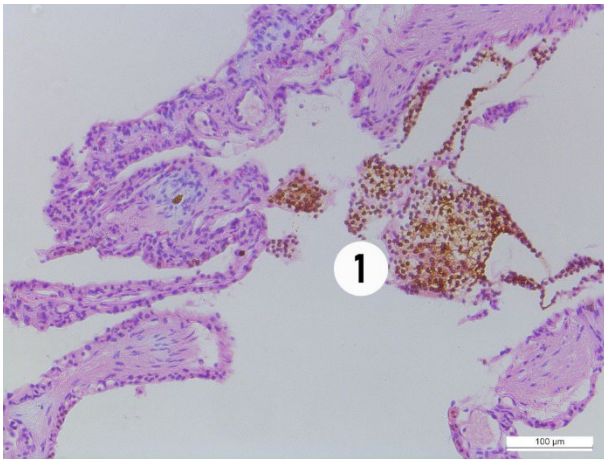


Рис. 2. Поліморфноклітинний ексудат (1) у легенях.
Гематоксилін та еозин

За проведення трансмісійної електронної мікроскопії легень Червоновухих прісноводних черепах (*Trachemys scripta elegans* (Wied, 1839)), окрім описаних за гістологічного дослідження змін, також виявили, що гемокапіляри були розширені, переповнені еритроцитами (рис. 3). В окремих гемокапілярах еритроцити прилягали одні до одних, а також до люменальної поверхні ендотеліальних клітин.

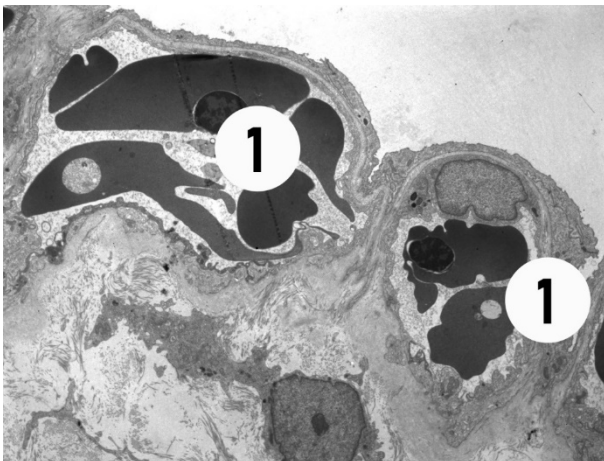


Рис. 3. Переповнення еритроцитами гемокапілярів (1) легень.
Електроннограма × 1500

Слід зазначити, що легені черепах, які можна вважати архетипом розгалужених багатокамерних легенів амніот, є унікальними, що насамперед пов'язано з включенням ребер у панцир, нерухомою грудною кліткою та особливостями вентиляції легень в черепах [11, 12]. Розвиток хвороб органів дихання є частою причиною значного порушення стану здоров'я в морських та прісноводних черепах [13, 14].

Етіологічними факторами, які можуть спричинити розвиток пневмоній у морських та прісноводних черепах можуть бути різні патогенні та умовно-патогенні бактерії, віруси, хламідії та мікоплазми, мікроскопічні гриби, найпростіші тощо. Сприяючими чинниками в розвитку пневмоній черепах є потрапляння води в дихальні шляхи, травмування

панцира та заковтування гострих сторонніх предметів, виснаження [6, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21].

Слід зазначити що патоморфологія пневмоній у черепах вивчена недостатньо. У закордонній літературі наявні поодинокі повідомлення в яких описані макроскопічні та гістологічні зміни, які розвиваються в черепах при пневмонії.

Згідно даних Silva M. A. та співавторів, (2016), які провели патологоанатомічне дослідження 29 Черепах Бісса (*Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766)) та встановили, що у 23 % черепах реєструються патологічні зміни в легенях. Зокрема, при мікроскопічному дослідженні виявляли гетерофільну пневмонію, паразитарну гранулематозну пневмонію, бактеріальну гранулематозну пневмонію, грибову гранулематозну пневмонію, а також застійні явища в легенях [21].

У звіті складеному за результатами проведення некропсії 28 Морських черепах Кемпа (*Lepidochelys kempii*, Garman, 1880), які зазнали переохолодження, були знайденими мертвими на пляжах або померли протягом 48 годин після того, як їх викинуло на міліну у штаті Массачусетс в період між 2001 та 2006 роками наведено дані, що у досліджених черепах були виявлені ураження органів травлення, дихання, нервової та сечостатевої систем. Встановлено, що найбільш частими патологічними станами, які мали виражений вплив на клінічний стан Морських черепах Кемпа (*L. kempii*) були некротичний ентероколіт, бактеріальна або грибова пневмонія [22].

Також пневмонію в Черепахи Мюленберга (*Glyptemys muhlenbergii*, Schoepff, 1801), яка характеризувалась розвитком гранулематозних уражень в одному випадку, а в іншому казеозною пневмонією, що супроводжувалась інфільтрацією гетерофілами, макрофагами, поодинокими лімфоцитами та плазматичними клітинами [23].

Провівши аналіз літературних джерел можна зробити попередній висновок, що патоморфологія пневмоній в різних видів черепах на сьогодні вивчена недостатньо. У зв'язку з цим ми провели макроскопічне, гістологічне, ультраструктурне дослідження легень Червоновухих прісноводних черепах (*Trachemys scripta elegans* (Wied, 1839)) в яких реєструвалась гетерофільна пневмонія, яка характеризувалась нагромадженням ексудату у фовеолах, що містив значну кількість гетерофілів, макрофагів, лімфоцитів, еритроцитів, а також вираженою судинною реакцією.

Під час лікування пневмоній різних видів тварин, в тому числі рептилій, широко використовують антибіотики, в тому числі цефалоспорини, що належать до бета-лактамних антибіотиків, які володіють широким спектром антибактеріальних властивостей [24].

Цефтіфур є цефалоспорином 3 покоління, що досить широко використовується при лікуванні хвороб різних видів тварин [25]. Метаболізм цефтіфуру відбувається в нирках, печінці, дещо в меншій мірі в м'язах та легенях. Вплив зазначеного цефалоспорину 3 покоління на морфологічний стан печінки різних видів тварин, в тому числі рептилій, на сьогоднішній день вивчений не достатньо.

В результаті проведеного нами дослідження встановлено, що внутрішньом'язове введення цефтіфуру в дозі 2,2 мг/кг спричиняє розвиток альтеративних та дисциркуляторних змін в печінці на 14 добу.

Печінка в дослідних черепах була збільшена, неоднорідно забарвлена в жовто-коричневий колір, з краплями чорного кольору, а подекуди червоного кольору. З поверхні розрізу печінки стікала кров. Консистенція печінки була в'ялою, подекуди розрихленою.

За гістологічного дослідження печінки виявили гіперемію венозних судин (рис. 4 та рис. 5). У розширених судинах нагромаджувалась надмірна кількість еритроцитів а подекуди гомогенні маси плазми крові. Меланомакрофагальні комплекси розташовувались нещільно, кількість меланома-крофагоцитів була незначною, меланомакрофагоцити зустрічались рідше.

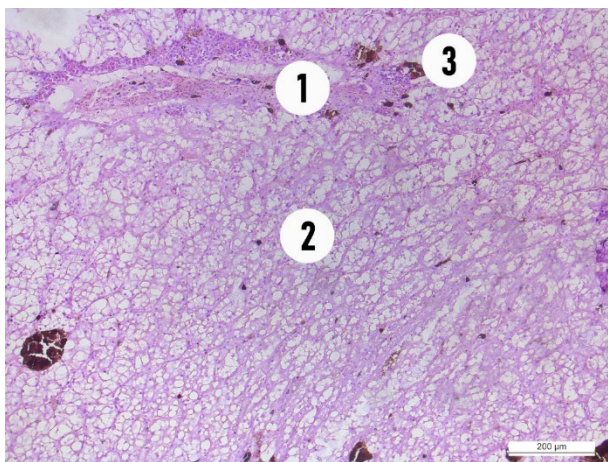


Рис. 4. Гіперемія судин (1) печінки. Порушення гістоархітекtonіки гепатоцитів (2). Незначна кількість меланомакрофагальних комплексів (3).
Гематоксилін та еозин



Рис. 5. Розширення та переповнення плазмою крові міжчасточкової вени (1) печінки. Помірна кількість меланомакрофагальних комплексів (2). Пікнотичні ядра окремих гепатоцитів (3).
Гематоксилін та еозин

Відзначається порушення гістоархітекtonіки гепатоцитів. Розвиваються некротичні зміни окремих гепатоцитів, про що свідчить наявність пікнотичних ядер гепатоцитів (рис. 5). Слід зазначити, що в

Червоновухих прісноводних черепах (*Trachemys scripta elegans* (Wied, 1839)) фізіологічним явищем є наявність в цитоплазмі гепатоцитів значної кількості нейтральних жирів, унаслідок цього макроскопічно печінка має жовтуватий колір, а чорні краплі – це скупчення меланомакрофагоцитів. За результатами дослідження гістологічних препаратів печінки виготовлених за допомогою мікротома-кріостата та пофарбованих судом III, встановлено зменшення вмісту нейтральних жирів у цитоплазмі гепатоцитів дослідних тварин та неоднорідне розташування поодиноких об'ємних вакуолей нейтральних жирів (рис. 6).

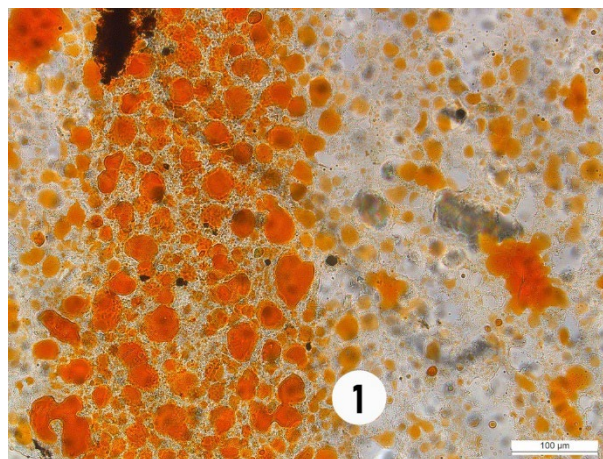


Рис. 6. Неоднорідна кількість нейтральних жирів (1) в гепатоцитах.
Судан III

За проведення трансмісійної електронної мікроскопії печінки також виявили, що ліпідні вакуолі в цитоплазмі гепатоцитів були різного розміру. Також відзначали розширення каналців гранулярної ендоплазматичної сітки цитоплазми гепатоцитів, окремі гепатоцити зазнавали некротичних змін (рис. 7).

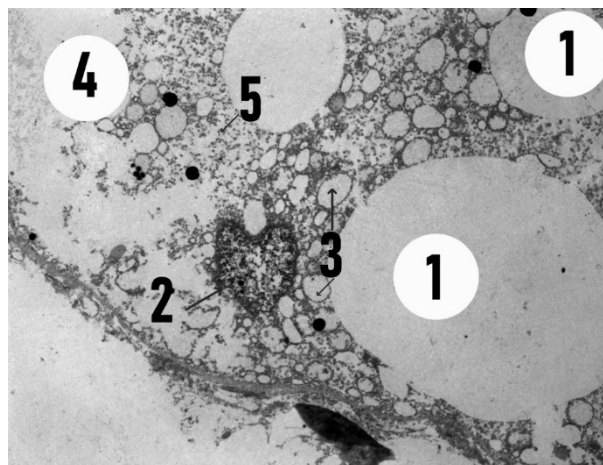


Рис. 7. Ліпідні вакуолі (1) різного розміру в цитоплазмі гепатоцита. Зменшене в об'ємі ядро гепатоцита (2). Розширення каналців гранулярної ендоплазматичної сітки (3). Розрідження цитоплазми гепатоцита (4) та деструкція органелл. Зменшення кількості гранул глікогену в цитоплазмі гепатоцита (5).
Електроннограма × 2200

Ядра в таких гепатоцитах зменшувались в об'ємі, ущільнювались були переповнені інтенсивно конденсованим хроматином (каріопікноз), контури каріолеми втрачали чіткість. Відзначали розрідження цитоплазми гепатоцита, а органели в таких ділянках зазнавали деструкції (рис. 7). В цитоплазмі гепатоцитів зменшувалось кількість гранул глікогену (рис. 7, та рис. 8). Також відзначали набухання мітохондрій цитоплазми гепатоцитів та деструкцію їх крист (рис. 8).

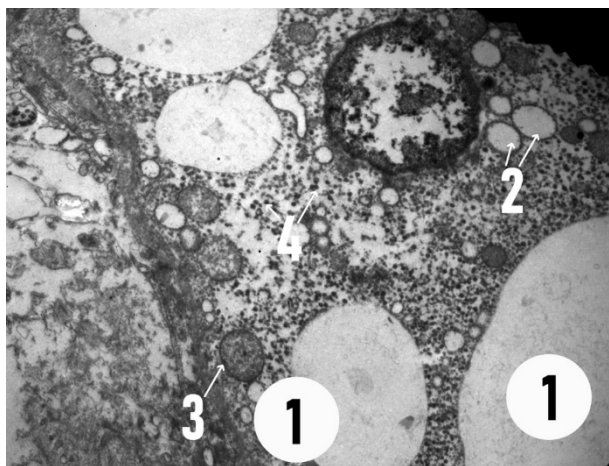


Рис. 8. Ліпідні вакуолі різного розміру (1) в цитоплазмі гепатоцита. Розширення каналців гранулярної ендоплазматичної сітки (2). Набухання мітохондрій (3) та деструкція їх крист. Неоднорідне розташування гранул глікогену (4). Електроннограма × 4500

Висновки

За допомогою комплексного патоморфологічного дослідження вперше детально описано структурні зміни, які розвиваються в легенях Червоновухих прісноводних черепах (*Trachemys scripta elegans* (Wied, 1839)) за розвитку гетерофільної пневмонії, яка характеризується нагромадженням в просвіті фовеол ексудату, що містить значну кількість гетерофілів, макрофагів та лімфоцитів, а також вираженою судинною реакцією. Встановлено, що за парентерального введення терапевтичних доз цефтіфуру в печінці розвиваються гіперемія венозних судин, дистрофічні зміни гепатоцитів, некротичні зміни поодиноких клітин паренхіми печінки. Відзначається зниження щільності меланокрофагальних комплексів печінки. Одержані результати досліджень можуть бути використані при розробці схем лікування пневмоній у різних видів черепах, а також під час аналізу впливу антибіотиків на структурні елементи печінки.

Перспективи подальших досліджень полягають у проведенні детального аналізу розвитку структурних змін легень, а також диференційної діагностики різних типів пневмоній у черепах. Також потребує детального дослідження розвиток структурних змін у внутрішніх органах в тому числі печінці за парентерального введення антибіотиків в різні ділянки тіла рептилій.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Mali, I., Vandewege, M. W., Davis, S. K., & Forstner, M. R. J. (2014). Magnitude of the freshwater turtle exports from the US: long term trends and early effects of newly implemented harvest management regimes. *PLoS ONE*, 9 (1), e86478. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0086478>
- Reed, R. N., & Gibbons, J. W. (2003). *Conservation status of live United States nonmarine turtles in domestic and international trade. Report to: Division of Scientific Authority, United States Fish and Wildlife*. Cambridge, UK: TRAFFIC International.
- Schumacher, J. (1997). Respiratory diseases of reptiles. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, 6 (4), 209–215. [https://doi.org/10.1016/s1055-937x\(97\)80007-2](https://doi.org/10.1016/s1055-937x(97)80007-2)
- Schumacher, J. (2003). Reptile respiratory medicine. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, 6 (1), 213–231. [https://doi.org/10.1016/s1094-9194\(02\)00020-8](https://doi.org/10.1016/s1094-9194(02)00020-8)
- Origi, F. C., & Jacobson, E. R. (2000). Diseases of the respiratory tract of chelonians. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, 3 (2), 537–549. [https://doi.org/10.1016/s1094-9194\(17\)30088-9](https://doi.org/10.1016/s1094-9194(17)30088-9)
- Ciccarelli, S., Valastro, C., Di Bello, A., Paci, S., Caprio, F., Corrente, M. L., Trotta, A., & Franchini, D. (2020). Diagnosis and treatment of pulmonary disease in sea turtles (*Caretta caretta*). *Animals*, 10 (8), 1355. <https://doi.org/10.3390/ani10081355>
- Evans, R. H. (1983). Chronic bacterial pneumonia in free-ranging eastern box turtles (*Terrapene carolina carolina*). *Journal of Wildlife Diseases*, 19 (4), 349–352. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-19.4.349>
- Rieznikov, O. (2001). Problemy etyki pry provedenni eksperymentalnykh medychnykh i biolohichnykh dosli-dzhen na tvarynakh. *Visnyk Natsionalnoi Akademii Nauk Ukrainy*, 11, 30–33. Retrieved from: file:///D:/download/vnanu_2001_11_7.pdf [in Ukrainian]
- Horalskyi, L. P., Khomych, V. T., & Kononskyi, O. I. (2015). *Osnovy histolohichnoi tekhniky i morfofunk-tsionalni metody doslidzhen u normi ta pry patolohii: navchalnyi posibnyk*. Zhytomyr: Polissia [in Ukrainian]
- Glauert, A. M. (1975). *Fixation, dehydration and embedding of biological specimens: Practical methods in electron microscopy*. North-Holland: American Elsevier.
- Perry, S. F., Lambert, M., & Schmitz, A. (2019). *Respiratory Biology of Animals*. <https://doi.org/10.1093/oso/9780199238460.001.0001>
- Lyson, T. R., Schachner, E. R., Botha-Brink, J., Scheyer, T. M., Lambert, M., Bever, G. S., Rubidge, B. S., & de Queiroz, K. (2014). Origin of the unique ventilatory apparatus of turtles. *Nature Communications*, 5 (1). <https://doi.org/10.1038/ncomms6211>
- McNally, K. L., Bowen, J. L., Brisson, J. O., Kennedy, A., & Innis, C. J. (2021). Evaluation of the Respiratory microbiome and the use of tracheal lavage as a diagnostic tool in Kemp's ridley sea turtles (*Lepidochelys kempii*). *Animals*, 11 (10), 2927. <https://doi.org/10.3390/ani11102927>
- Inirah, C. I., Azlan, C. A., Teoh, H. X., Donny, Y., & Jesse, F. F. A. (2017). Pneumonia and concurrent eggs retention in a river terrapin (*Batagur baska*). *Jurnal Veterinar Malaysia*, 29 (1), 13–17.
- Hall, J., Bender, H., Miller, N., & Thompson, P. (2022). Fatal bronchopneumonia and tracheitis in a Green Turtle (*Chelonia mydas*) caused by *Serratia proteamaculans*. *Animals*, 12 (15), 1891. <https://doi.org/10.3390/ani12151891>
- Glazebrook, J., Campbell, R., & Thomas, A. (1993). Studies on an ulcerative stomatitis - obstructive rhinitis - pneumonia disease complex in hatching and juvenile sea turtles *Chelonia mydas* and *Caretta caretta*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 16, 133–147. <https://doi.org/10.3354/dao016133>
- Morick, D., Levy, Y., Davidovich, N., Wosnick, N., Zemah-Shamir, Z., Tchernov, D., & Aizenberg, I. (2023). Pneumocoelom and secondary lung collapse treatment in a stranded loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) in the eastern Mediterranean Sea, Israel. *Veterinary Record Case Reports*. <https://doi.org/10.1002/vrc2.665>

18. Jacobson, E. R., Brown, M. B., Wendland, L. D., Brown, D. R., Klein, P. A., Christopher, M. M., & Berry, K. H. (2014). Mycoplasmosis and upper respiratory tract disease of tortoises: A review and update. *The Veterinary Journal*, 201 (3), 257–264. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2014.05.039>
19. Pospisil, L., & Canderle, J. (2004). Chlamydia (Chlamydophila) pneumoniae in animals: a review. *Veterinárni Medicina*, 49 (4), 129–134. <https://doi.org/10.17221/5686-vetmed>
20. Ebani, V. V. (2023). Bacterial infections in sea turtles. *Veterinary Sciences*, 10 (5), 333. <https://doi.org/10.3390/vetsci10050333>
21. Silva, M. A., Jerdy, H. L., Ribeiro, R. B., Medina, R. M., Petronilha, M. B. R. G., Shimoda, E., Werneck, M. R., Andrade, J. G., & Carvalho, E. C. Q. (2016). Histopathological findings in lungs of hawksbill turtles collected on the coasts of the states of Espírito Santo and Rio de Janeiro, Brazil. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 68 (5), 1267–1274. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8949>
22. Innis, C., Nyaoke, A. C., Williams, C. R., Dunnigan, B., Merigo, C., Woodward, D. L., Weber, E. S., & Frasca, S. (2009). Pathologic and parasitologic findings of cold-stunned kemp's ridley sea turtles (*Lepidochelys kempi*) stranded on cape cod, massachusetts, 2001–2006. *Journal of Wildlife Diseases*, 45 (3), 594–610. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-45.3.594>
23. Carter, S. L., Horne, B. D., Herman, D. W., Nichols, D. K., Haas, C. A., & Mitchell, J. C. (2005). Bacterial pneumonia in free-ranging bog turtles, *Glyptemys muhlenbergii*, from North Carolina and Virginia. *Journal of the North Carolina Academy of Science*, 121 (4), 170–173.
24. Prescott, J. F. (2013). Beta-lactam antibiotics. *Antimicrobial Therapy in Veterinary Medicine*, 153–173. <https://doi.org/10.1002/9781118675014.ch9>
25. Hornish, R., & Katarski, S. (2002). Cephalosporins in veterinary medicine - ceftiofur use in food animals. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 2 (7), 717–731. <https://doi.org/10.2174/1568026023393679>

ORCID

V. Chuliuk  <https://orcid.org/0000-0002-3082-7215>
 R. Dankovych  <https://orcid.org/0000-0003-3254-0506>



2023 Chuliuk V. and Dankovych R. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.