

57,8±16,8, 48,8±17,0 та 33,3±8,0 відповідно. Після кріоконсервування рухливість значуще знижувалася в групі 3 ( $p < 0,0001$ ), порівняно з іншими групами.

Аналіз цілісності ДНК показав, що кількість клітин з фрагментованою ДНК збільшується з віком. Так, у свіжих сперматозоїдах собак старше 7 років, рівень фрагментації ДНК значущо підвищувався, порівняно з молодими особинами 1-3 років ( $p < 0,0001$ ) і становив 22,4±1,8%. Після кріоконсервування спостерігалось підвищення рівня фрагментації ДНК сперматозоїдів тварин усіх вікових груп, але найбільший показник був у групі 3 і становив 41,1±4,8 ( $p < 0,0001$ ).

Результати нашого дослідження показали, що у собак породи китайська чубата відбуваються вікові зміни, які впливають на рухливість сперматозоїдів і цілісність структури їх ДНК. Ці зміни починаються вже в середньому віці (4-6 років) і найбільш прогресують після 7 років. Кріоконсервування негативно впливає на рухливість сперматозоїдів та підвищує частоту фрагментації їх ДНК.

**Висновки.** Зі збільшенням віку тварин рухливість сперматозоїдів зменшується, частота їх виживання після заморожування-відігріву знижується. Вік суттєво впливає на збільшення частоти фрагментації ДНК, як в нативних, так і в кріоконсервованих сперматозоїдах. Вік собак породи китайська чубата виступає прогностичним фактором кріорезистентності і генетичної цілісності сперматозоїдів.

#### **Бібліографічний список:**

1. Kopeika, E. F., Petrushko, M. P., Piniayev, V. I., Yurchuk, T. O., Pavlovich, O. V., Mikson, K. B., Butskiy, K. I., Napon, H. O., Puhovkin, A. Yu. Cryopreservation of Reproductive Cells and Embryos of Laboratory, Agricultural and Wild Animals. Problems of cryobiology and cryomedicine, 2019, 29 (1), 3-18. <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0001328825>
2. Rodenas C, Parrilla I, Roca J, Martinez EA, Lucas X. Effects of rapid cooling prior to freezing on the quality of canine cryopreserved spermatozoa. J Reprod Dev. 2014;60(5):355-61. doi: 10.1262/jrd.2014-024.
3. Petrushko M, Yurchuk T, Todorov P, Hristova E, Piniayev V, Isachenko E, Rahimi G, Mallmann P, Isachenko V. New method for cryoprotectant-free freezing of human oligoasthenoteratozoospermic spermatozoa with high-molecular polymer. Cryobiology. 2021;103:39-44. doi: 10.1016/j.cryobiol.2021.09.013.

УДК 378.147:611.018:615.2

### **ВІРТУАЛЬНА МІКРОСКОПІЯ – РЕАЛІЯ СУЧАСНОСТІ ПРИ ВИКЛАДАННІ МОРФОЛОГІЧНИХ ДИСЦИПЛІН**

**Бирка О.В.**, кандидат ветеринарних наук, доцент

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7316-2500>

**Куш М.М.**, доктор ветеринарних наук, професор

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5280-9755>

**Ляхович Л.М.**, кандидат ветеринарних наук, доцент

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4738-602X>

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Навчальними програмами дисциплін кафедри нормальної та патологічної морфології факультету ветеринарної медицини Державного біотехнологічного університету (ДБТУ) передбачено вивчення студентами гістологічних препаратів. Так, дисципліна «Цитологія, гістологія, ембріологія» вважається засвоєною тільки тоді, коли студент, окрім теоретичних знань, може достовірно визначити гістологічний препарат, ідентифікувати представлені на ньому тканини та мікроструктури і співвіднести структуру органу з його функцією. Вивчення гістологічних препаратів за використання світлового мікроскопу містить у собі когнітивні моменти, які пов'язані з можливістю викладача продемонструвати вигляд гістологічного препарату на мікроскопічному рівні та зі здатністю студента знайти і

правильно інтерпретувати мікроскопічні зображення. Класичний підхід при цьому: набір гістопрепаратів, індивідуальний світловий мікроскоп, здатність побачити і співставити картину під мікроскопом із статичним зображенням, яке демонструє викладач. Цей підхід добре спрацьовує, хоч і вимагає більшої витрати часу на індивідуальну роботу викладача зі студентом, на рішення технічних проблем мікроскопії.

З 80-х років ХХ сторіччя значно поширюються можливості візуалізація гістологічних препаратів за рахунок відеомікроскопії та використання оцифрованих препаратів. Нові технічні підходи до створення віртуальних копій гістологічних препаратів надали можливість вибирати необхідні збільшення будь яких їх ділянок. Методика цифрової візуалізації отримала назву технології Whole Slide Imaging (WSI), а визначення гістологічного препарату на комп'ютері з отриманих оцифрованих зразків – віртуальна мікроскопія [4, 7, 10]. Можливість використання роботизованих пристроїв – сканерів гістологічних препаратів, розвиток мереживних технологій і доступ до «ширококутного інтернету», а також збільшення потужностей комп'ютерних систем та покращення якості зображення на дисплеях дозволили використовувати віртуальну мікроскопію в навчальному процесі, як альтернативу світловому мікроскопу, що є нащадком мікроскопів, доступних з 1800-х років, використання яких у свій час відкрило епоху гістологічних досліджень [5, 8, 9].

Задачею даної роботи є об'єктивна оцінка актуальності та перспектив впровадження віртуальної мікроскопії в навчальний процес у викладанні морфологічних дисциплін.

Віртуальна мікроскопія об'єднує звичайну світлову мікроскопію з цифровими технологіями. Віртуальні препарати є оцифрованими гістологічними препаратами, які сканують за допомогою сканера з високою роздільною здатністю, що забезпечує чіткість зображення. Окремі зображення полів зору препаратів автоматично «зшиваються» у віртуальні препарати, що у вигляді файлів зберігаються на серверах віртуальної мікроскопії. Спеціальний пакет програмного забезпечення дає можливість розглядати, вивчати, досліджувати віртуальні препарати в локальній мережі з будь якої моделі комп'ютерної техніки та забезпечує зовнішній доступ до ресурсів у вигляді освітніх платформ, які інтегрують файли основних форматів сканування [5, 6, 7]. Колекції віртуальних гістологічних препаратів можна створювати на базі кафедральної або міжкафедральної лабораторії цифрової мікроскопії. В університетах Європи, США та інших країн сформовані достатні за об'ємом відповідні Web-ресурси у вигляді анотованих бібліотек віртуальних гістологічних препаратів (Histology Guide, Iowa Virtual Slidebox, Mainz Histo Maps, The Virtual Microscopy Database та інші). Апробовано варіанти як часткової інтеграції віртуальної мікроскопії в навчальний процес, так і повного заміщення світлових мікроскопів віртуальними технологіями [1, 7, 8, 9].

Віртуальна мікроскопія, у порівнянні з світловим мікроскопом, дає нові можливості підвищення наглядності викладання морфологічних дисциплін: доступ до зображень високої якості, віддалене вивчення віртуальних препаратів, плавне і поступове збільшення і зменшення поля зору, легке перемикання перегляду препарату без зміни поля зору, отримання оглядових зображень гістологічного препарату в мініатюрному режимі. Можливе виконання таких функцій як перетягування, поворот і вимірювання, упорядковане регулювання кольору, порівняння зображень тканин або однієї тканини забарвлених різними методами, отримання багатофокусних площин. Пріоритетом віртуальної мікроскопії є колективний підхід до вивчення гістологічних препаратів та перегляду рідкісних препаратів в умовах комп'ютерного класу. Важливою особливістю, недоступною для світлового мікроскопу, є здатність користувачів робити персональні анотації на кожному віртуальному препараті, включаючи позначення у вигляді стрілок, рисунків від руки і друкованого тексту. Ці анотації зберігаються у вигляді файлів і використовуються при повторному перегляді препаратів. Файли віртуальної мікроскопії можливо інтегрувати в освітні програми, лекційні презентації і тексти. Якісні віртуальні препарати зберігаються впродовж тривалого часу, оскільки вони не б'ються, не губляться і не псуються. Зникає необхідність придбання та обслуговування світлових мікроскопів, а також оновлення колекцій гістологічних препаратів

[5, 6, 10]. Таким чином, технології віртуальної мікроскопії забезпечують високу якість викладання морфологічних дисциплін, відповідність сучасному технічному рівню візуалізації, достатню економічну ефективність в умовах обмежених ресурсів освітньої бази. За даними досліджень світових освітніх закладів, перевагу віртуальній мікроскопії віддають 85-93 % мотивованих до навчання здобувачів [1, 3, 7, 9].

Карантинні заходи за пандемії COVID-19 викликали нагальну потребу зміни аудиторної форми навчання на дистанційне або змішане та пошук відповідних онлайн платформ. Науково-педагогічний персонал кафедри нормальної та патологічної морфології ДБТУ для підвищення якості навчального процесу та кращої комунікації між студентами і викладачами, відносно швидко адаптував аудиторну форму до технології дистанційного навчання, яка була реалізована у вигляді аудіо- і відео-форматів лекцій і лабораторних занять, що демонструвалися на веб-сторінках викладачів і освітньо-інформаційній платформі Moodle. Було розроблено і застосовано концепцію трьохетапного впровадження цифрового освітнього контенту в навчальний процес, яка включала: 1 – створення цифрових колекцій статичних зображень гістологічних препаратів (атласи, методичні вказівки, презентації), які демонструвалися студентам під час проведення лекцій і лабораторних занять, акцентуючи увагу на особливостях структурної організації клітин, тканин та органів; 2 – за мінімального оснащення технічними засобами використання низки переваг віртуальної мікроскопії, що надають можливість студенту самостійно і більш глибоко вивчати структуру органу; 3 – формування освітніх ресурсів на платформі Moodle, інтегруючих мікроскопічні зображення гістологічних препаратів з електронномікроскопічним, анатомічним, фізіологічним, біохімічним та клінічним контентом для формування потрібних компетентностей у студентів. Впровадження даної концепції в навчальний процес сприяло вивченню мікроструктури тканин і органів на всіх рівнях мікроскопії за різних ступенів збільшення, визначенню способу забарвлення гістологічних препаратів, замальовуванню їх в альбом-практикум для закріплення зорового враження і можливості краще розібратись у деталях будови клітин, тканин і органів та запам'ятовувати їх, більш ефективно виконанню тестових завдань до підсумкових занять з подальшим контролем викладача.

Воєнний стан в країні змінив «епоху локдаунів», трансформував елементи корпоративної культури, залишивши навчальний процес ДБТУ в онлайн форматі. За сучасних реалій віртуальна мікроскопія розширила б можливості самостійної роботи студентів з гістологічними препаратами. Інтеграція віртуальної мікроскопії в навчальний процес потребує скоординованої роботи морфологів, ІТ-спеціалістів і адміністрації навчального закладу для започаткування матеріальної бази (сканер, сервер, програмне забезпечення), технічної модернізації аудиторій інтерактивними дошками, комп'ютерами, веб-камерами з мікрофоном, швидкісним потужним інтернетом. Вартість модернізації навчальних аудиторій співпадає з вартістю сучасних мікроскопів [1, 4, 5, 7, 8]. Повний перехід до віртуальної мікроскопії займає від 1-2 до 3-5 років залежно від технічної та організаційної готовності проєкта і виділених під нього ресурсів [2, 9]. Придбання сканера гістологічних препаратів – це довгострокова інвестиція на рівні закладу освіти, що дозволяє сформувати «єдиний цифровий простір» для дисциплін, пов'язаних з мікроскопією і забезпечити інтеграцію між дисциплінами кафедр, що забезпечують природничу і клінічну підготовку лікаря ветеринарної медицини. Мотиваційним аргументом на користь впровадження віртуальної мікроскопії в навчальний процес є необхідність відповідати сучасним тенденціям розвитку нормальної і патологічної морфології та телепатології.

Міжнародний досвід використання віртуальної мікроскопії в медичній освіті і наявність сучасних програмно-апаратних засобів створюють передумови для прискорення інтеграції даної технології в навчальний процес викладання морфологічних дисциплін факультету ветеринарної медицини.

#### **Бібліографічний список:**

1. Alotaibi, O. & ALQahtani, D. (2016). Measuring dental students' preference: A comparison of light microscopy and virtual microscopy as teaching tools in oral histology and pathology. *Saudi Dent. J.*, 28 (4), 169–173.
2. Fonseca, F.P., Santos, R., Lopes, M.A., Almeida, O.P. & Vargas, P.A. (2015). Transition from glass to digital slide microscopy in the teaching of oral pathology in a Brazilian dental school. *Med. Oral Patol. Oral Cir. Bucal*, 20 (1), 17–22.
3. Hamilton, P.W., Wang, Y., & Cullough, S.J. (2012). Virtual microscopy and digital pathology in training and education. *APMIS*, 120 (4), 305–315. doi: 10.1111/j.1600-0463.2011.02869.x
4. Higgins, C. (2015). Applications and challenges of digital pathology and whole slide imaging. *Biotech. Histochem.*, 90 (5), 341–347.
5. Lysachenko, O.D., Shepitko, V.I., Boruta, N.V., Pelypenko, L.B., Vilkhova, O.V., & Voloshyna, O.V. (2023). Vizualizatsiia histolohichnykh preparativ ta zavdan yak sposib pokrashchennia znan, umin ta navychok studentiv-medykiv. *Aktualni problemy suchasnoi medytsyny : Visnyk Ukrainskoi medychnoi stomatolohichnoi akademii*, 23 (2.2), 85–87. (in Ukr.). DOI:[10.31718/2077-1096.23.2.2.85\\_1](https://doi.org/10.31718/2077-1096.23.2.2.85_1)
6. Pavlina, V., & Ross, M.H. (2021). *Histolohiia: pidruchnyk i atlas. Z osnovamy klitynnoi ta molekuliarnoi biolohii* (8-e vyd.). Kyiv: VSV «Medytsyna». (in Ukr.).
7. Saco, A., Bombi J. A., Garcia, A., Ramírez, J., & Ordi, J. (2016). Current Status of Whole-Slide Imaging in Education. *Pathobiology*, 83 (2–3), 79–88.
8. Syrtsov, V.K., Yevtushenko, V.M., Popko, S.S., Zidrashko, H.A., Aliieva, O.H., Pototska, O.I., ...Tavroh, M.L. (2021). Dosvid zastosuvannia suchasnykh novitnykh metodyk navchannia pry vyvchenni dystsypliny «Histolohiia, tsytolohiia, embriolohiia» u Zaporizkomu derzhavnomu medychnomu universyteti. *Materialy navchalno-metodychnoi videokonferentsii Tsentralnoi metodychnoi rady «Dosvid vprovadzhennia zmishanoi formy navchannia u ZDMU, traiektoriia rozvytku ta mistse v systemi vyshchoi medychnoi osvity»*, 17–19. (in Ukr.).
9. Vainer, B., Mortensen, N.W., Poulsen, S.S., Sørensen, A.H., Olsen J., Saxild H.H., & Johansen, F.F. (2017). Turning Microscopy in the Medical Curriculum Digital: Experiences from The Faculty of Health and Medical Sciences at University of Copenhagen. *J. Pathol. Inform.*, 8, p.11. doi: 10.4103/2153-3539.201919
10. Zarella, M.D., Bowman, D., Aeffner, F., Farahani, N., Xthona, A., Absar, S.F., ... Hartman, D.J. (2019). A Practical Guide to Whole Slide Imaging: A White Paper From the Digital Pathology Association. *Arch. Pathol. Lab. Med.*, 143 (2), 222–234. doi: 10.5858/arpa.2018-0343-RA

УДК 619:616.98:579.873.21:636.29

### ВНУТРИЧЕРЕВНЕ ВВЕДЕННЯ МУРЧАКАМ БІОМАТЕРІАЛУ КОНТАМІНОВАНОГО *Mycobacterium bovis*

**Зажарський В.В.**, кандидат ветеринарних наук, доцент, завідувач кафедри інфекційних хвороб тварин, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2674-2494>

**Сосницька А.О.**, здобувач третього (навчально-наукового) рівня вищої освіти, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6083-1385>

**Вступ.** Традиційним методом вивчення вірулентних потенцій патогенних мікобактерій ссавців є біологічне дослідження, а саме зараження лабораторних тварин мікобактеріальною культурою або біоматеріалом, інфікованим збудником, тобто біопроба. За допомогою біопроби також можна виділити чисту культуру збудника з забрудненого матеріалу. Для