

5. Droshnev A.E., Zavyalova E.A., Karpova M.A., Alontseva D.A. Features of the immune response of rainbow trout to vaccination of antigens *Yersinia ruckeri*, *Aeromonas salmonicida*, *Listonella anguillarum* and *Renibacterium salmoninarum* / A.E. Droshnev, E.A. Zavyalova, M.A. Karpova, D.A. Alontseva // E3S Web of Conferences. – 2023. – Vol. 390. – P. 07031.

6. Kroniger T., Flender D., Schlüter R., Köllner B., Trautwein-Schult A., Becher D. Proteome analysis of the Gram-positive fish pathogen *Renibacterium salmoninarum* reveals putative role of membrane vesicles in virulence / T. Kroniger, D. Flender, R. Schlüter, B. Köllner, A. Trautwein-Schult, D. Becher // Sci Rep. – 2022. – Vol. 12. – P. 3003.

УДК 619:004

ПОТЕНЦИАЛ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ГЕМАТОЛОГИИ КРОЛИКОВ

Павлова М.А., аспирант кафедры ветеринарной медицины ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева», РФ, pavl.frost@gmail.com

Акчурина С.В., профессор кафедры ветеринарной медицины ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева», РФ, sakchurin@rgau-msha.ru

Аннотация: В статье рассматривается возможность применения машинного обучения в гематологии кроликов и оценивается потенциальная польза от применения данной технологии.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, мониторинг, кролики, гематология

Микроскопия окрашенного мазка крови является «золотым стандартом» диагностики болезней крови, а, следовательно, развитие технологии, позволяющие усовершенствовать рутинное выполнение таких исследований являются приоритетным направлением в медицине и ветеринарии. Например, технологии искусственного интеллекта на сегодняшний день показывают впечатляющие результаты в гуманной медицине. Существует несколько общих направлений применения машинного обучения в гематологии человека: оценка и классификация лейкоцитов и эритроцитов, обнаружение кровепаразитов, подсчет тромбоцитов и ретикулоцитов и др. [6].

Оценка лейкоцитов с использованием искусственного интеллекта включает в себя два направления. Первое направление – дифференциация клеток на виды – нейтрофилы, базофилы, эозинофилы, лимфоциты, моноциты. На данный момент чувствительность программы, решающей эту задачу в человеческой гематологии, оценивается как 85-99%, а специфичность больше 96%. Точность таких систем приближается к точности ручной микроскопии, однако пока все эти системы используются исключительно как помощь в работе морфолога, а не полная его замена [6].

Второе направление – выявление атипичных клеток для диагностики лимфопролиферативных заболеваний. Исследования показывают чувствительность 95 % и специфичность 88 % для незрелых миелоидных клеток, 100 % чувствительность и 94 % специфичность для бластных клеток, а также 100 % чувствительность и 97 % специфичность для необычных лейкоцитов и ядродержащих эритроцитов [3].

Применение данных технологий в человеческой практике позволяет освободить человеческие ресурсы и время для заботы о пациентах, ускорить выполнение рутинных тестов, а также снизить затраты на оказание медицинской помощи. Также отдельно стоит отметить, что разработка портативных анализаторов, проводящих полную микроскопию мазка крови, позволяет открыть доступ к качественной медицинской помощи в тех регионах, где наблюдается значительный кадровый дефицит.

Распространённость и успешность применения технологий машинного обучения в гематологии человека создает плацдарм для их внедрения в ветеринарную медицину. Качественная ветеринарная помощь включает в себя оценку явных и скрытых клинических состояний, неотъемлемой частью которой являются гематологические исследования. На данный момент на рынке представлены анализаторы, способные проводить микроскопию мазков крови кошек, собак, лошадей и крупного рогатого скота. Так, например, приложение CellaVision Peripheral Blood позволяет лабораториям автоматизировать, стандартизировать и упростить морфологическое исследование мазков периферической крови животных [2].

Автоматизация данных процессов может помочь упростить мониторинг состояния здоровья животных в условиях скученного содержания, снизить затраты на оказание ветеринарной помощи, за счет более раннего выявления больных кроликов из общего стада, а также повысить качество проводимой диагностики для «животных-компаньонов».

Более того, применение данных технологий повсеместно позволит создать более полные атласы клеток крови, что поспособствует стандартизации дифференциации клеток крови за счет автоматического анализа цифровых снимков. Такой подход позволяет создавать обширные базы данных и обеспечивает ещё более быстрое и качественное обучение искусственного интеллекта. Стандартизированный подход к интерпретации клеток крови позволяет обеспечить постоянное качество анализа мазков крови и соответственно повысить качество и скорость оказания ветеринарной помощи [2].

Кролиководство – перспективная и быстроразвивающаяся отрасль сельского хозяйства - ниша мясного кролиководства заполнена на 10-15%, что делает ее привлекательной для развития бизнеса [1]. Также в последние годы увеличилось количество кроликов, содержащихся в качестве животных-компаньонов, например Американская ассоциация ветеринарной медицинской (AVMA) представляет данные о том, что в Америке около 1,4 миллиона

домохозяйств имеют домашних кроликов, при этом в качестве домашних животных содержится в общей сложности 3,2 миллиона кроликов [7].

Эффективность разведения кроликов зависит от условий их содержания и кормления, однако при соблюдении технологической культуры в целом и при поддержании ветеринарной помощи, как ее части, на должном уровне эта сфера является высокорентабельной [1].

Однако существующие на данный момент механизмы машинного анализа мазков крови животных не учитывают видовые особенности крови кроликов. Так, лейкоцитарная формула кроликов имеет определённые особенности, относительно привычной нам лейкограммы кошек и собак. В норме кролики имеют лимфоцитарный профиль периферической крови, значит наиболее часто встречающийся вид клеток – это лимфоциты, у здорового кролика они составляют от 30 до 85% всех лейкоцитов. Гетерофилы – клетки эквиваленты нейтрофилов, составляют от 20 до 75% всех лейкоцитов кролика. Они отличаются от привычных нейтрофилов окрашиванием цитоплазмы, которая содержит маленькие ацидофильные (эозинофильные) гранулы и различное количество крупных красных гранул, поэтому некоторые эксперты называют их псевдоэозинофилами [5]. Эта особенность делает подсчет лейкоцитарной формулы затруднительным, особенно для неподготовленных специалистов [4].

Оценка лейкоцитарной формулы очень полезна в комплексной диагностике здоровья кроликов. Поскольку кролики являются «животными-жертвами», внешние проявления болезни чаще всего проявляются достаточно поздно, поэтому оценка лейкограммы выступает в качестве раннего маркера заболевания, например лейкопения может быть ассоциирована с хроническим стрессом, а в совокупности с левым сдвигом может говорить об острой, вероятно бактериальной инфекции, а нейтропения может указывать на вирусную этиологию заболевания [4].

В виду вышеперечисленных отличий существует потребность в создании отдельных алгоритмов для интерпретации анализов крови кроликов.

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что применение технологий машинного обучения в настоящий момент и ближайшем будущем актуально как для промышленного кролиководства, так и для лечения кроликов, содержащихся в качестве домашних животных. На данный момент стоят задачи: разработать и сформулировать требования к описанию клеток периферической крови кроликов, осуществить подбор подходящей методики окрашивания мазков крови с максимальной детализацией клеток, создать базу данных изображений клеток крови кроликов для обучения и тестирования алгоритмов, разработать алгоритм подсчета лейкоцитов и их классификации в мазке периферической крови кроликов с использованием компьютерного зрения и машинного обучения.

Библиографический список

1. Комлацкий Г.В., Туркова В.С. Социально-экономическая эффективность промышленного кролиководства // Кролиководство и

звероводство. 2020. № 6. С. 39–50.

2. Criel M., Godefroid M., Deckers B., Devos H., Cauwelier B., Emmerechts J. Evaluation of the Red Blood Cell Advanced Software Application on the CellaVision DM96 // International Journal of Laboratory Hematology. 2016. Vol. 4 № 38. - P. 366–374.

3. Kratz A., Bengtsson H.I., Casey J.E., Keefe J.M., Beatrice G.H., Grzybek D.Y., Lewandrowski K.B., Van Cott E.M. Performance Evaluation of the CellaVision DM96 System: WBC Differentials by Automated Digital Image Analysis Supported by an Artificial Neural Network // American Journal of Clinical Pathology. 2005. Vol. 5 № 124. - P. 770–781.

4. Lord B. BSAVA manual of rabbit medicine / Lord B., Meredith A., ed. Quedgeley: BSAVA. 2014. p. 328.

5. Moore D.M., Zimmerman K., Smith S.A. Hematological Assessment in Pet Rabbits // Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice. 2015. Vol.1 №18. P. 9–19.

6. Obstfeld A. E. Hematology and Machine Learning // The Journal of Applied Laboratory Medicine. 2023. Vol. 1№8. P. 129–144.

7. American Veterinary Medical Association. U.S. pet ownership & demographic sourcebook. Schaumburg (IL): AVMA; 2012.

УДК 637.54:579.62

КАМПИЛОБАКТЕРИОЗ В ПТИЦЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Дерина Д.С., научный сотрудник, кандидат биологических наук, dasha.derina@mail.ru, «Всероссийский научно-исследовательский институт птицеперерабатывающей промышленности» — филиал ФНЦ «ВНИТИП» (ВНИИПП)

***Аннотация.** Кампилобактерии, выявляемые из мяса цыплят-бройлеров являются одними из основных патогенов, вызывающих пищевые отравления. Кампилобактериоз представляет большой риск для здоровья, оказывает отрицательное влияние на экономику всего мира. Механизм выживания и последующей перекрестной контаминации *Campylobacter spp.* тушек с/х птицы малоизучен и требует проведения дополнительных исследований для минимизации риска возникновения пищевых заболеваний, связанных с употреблением мяса птицы.*

***Ключевые слова:** кампилобактерии, пищевые токсикоинфекции, пищевая безопасность.*

Кампилобактериоз – это инфекционная болезнь животных и людей, ее вызывают патогенные микроорганизмы рода *Campylobacter*. Это заболевание характеризуется различной степенью тяжести и полиморфностью проявлений.