

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ОСТЕОРЕПАРАТИВНЫХ И ИНТЕГРАТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ
ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ У ЖИВОТНЫХINTEGRATED EVALUATION OF OSTEO-REPARATIVE AND INTEGRATIVE PROCESSES
DURING IMPLANTATIONS IN ANIMALS

Ключевые слова: собаки, имплантация, костная ткань, тепловидение, рентгенография, остеорепарация, биоинтегративные процессы.

В ветеринарной медицине имплантация в костную ткань широко применяется при остеосинтезе, а в последнее время актуальной стала тематика имплантации для восстановления функции зубочелюстного аппарата, в частности, у собак. Инфракрасная термография, наряду с рентгенографией, может являться инструментом для оценки безопасности и эффективности имплантации в костную ткань. Целью исследований стала комплексная оценка остеорепаративных и интегративных процессов при имплантации в костную ткань челюсти собак. Объектами исследования были клинически здоровые беспородные собаки ($n = 16$) в возрасте 1 года и живой массой 10-12 кг. Экспериментальные внутрикостные имплантаты, покрытые диоксидом титана, имели на своей поверхности полимерную пленку из полиазолидинаммония, модифицированного ионами галогенгидрата с наноагрегатами флавоноидов по оригинальной авторской методике (патент № 2535067). Аналогичные имплантаты, но без покрытия, использовали в качестве контроля. По результатам рентгенологического исследования в ранние и отдаленные сроки после операции очагов резорбции кости в периимплантантной зоне выявлено не было. Термография показала разницу температурных значений в периимплантантной зоне экспериментальных и контрольных образцов, достигающую 2°C на 9-й день после имплантации. На 32-й день температурные показатели для контрольных и экспериментальных образцов стабилизировались. Следовательно, остеорепаративные и интегративные процессы при использовании имплантатов с авторским покрытием сопровождаются значительно меньшим метаболическим стрессом для организма

животного, что было установлено с помощью инфракрасной термографии.

Keywords: dogs, implantation, bone tissue, thermal imaging, radiography, osteoreparation, bio-integrative processes.

In veterinary medicine, implantation in bone tissue is widely used for osteosynthesis, and recently, implantation has become relevant to restore the function of the dentofacial apparatus, particularly in dogs. Infra-red thermography, along with radiography, is an integral indicator of implantation effectiveness. Infrared thermal imaging may be a tool for evaluating the safety and effectiveness of implantation in bone tissue using various materials. The research goal was a comprehensive evaluation of osteo-reparative and integrative processes using thermography when implantation in dogs. The research targets were apparently healthy outbred dogs ($n = 16$) at the age of 1 year with live weight of 10-12 kg. Experimental implants coated with titanium dioxide had on their surfaces a polymer film of polyazolidinammonium modified with halogen hydrate ions with nano-aggregates of flavonoids according to the original author's technique (Patent No. 2535067). Similar implants without coating were used as a control. According to the results of x-ray studies in the early and long-terms after surgery, there were no foci of bone resorption in the peri-implant zone. Thermography showed a difference of temperature values in the peri-implant zone of the experimental and control samples reaching 2°C during 1-4 weeks after the implantation. On the 32nd day, the temperature indices for the control and experimental samples stabilized. Consequently, osteo-reparative and integrative processes when using implants with author's coating were accompanied by significantly lesser metabolic stress for the animal body which was revealed by using infra-red thermography.

Красников Александр Владимирович, д.в.н., доцент, зав. каф. зоотехнии и ветеринарии, Мичуринский государственный аграрный университет, г. Мичуринск, Тамбовская обл. E-mail: krasnikov.77@mail.ru.

Krasnikov Aleksandr Vladimirovich, Dr. Vet. Sci., Prof., Head, Chair of Animal and Veterinary Sciences, Michurinsk State Agricultural University, Tambov Region. E-mail: krasnikov.77@mail.ru.

Красникова Екатерина Сергеевна, д.в.н., доцент, проф. каф. зоотехнии и ветеринарии, Мичуринский государственный аграрный университет, г. Мичуринск, Тамбовская обл. E-mail: krasnikovaes77@yandex.ru.

Krasnikova Yekaterina Sergeevna, Dr. Vet. Sci., Prof., Chair of Animal and Veterinary Sciences, Michurinsk State Agricultural University, Tambov Region. E-mail: krasnikovaes77@yandex.ru.

Введение

Современное состояние научно-технического потенциала в области ветеринарной медицины позволяет успешно внедрять инновационные разработки в различные отрасли животноводства. Использование современных технологий для повышения эффективности ветеринарных услуг и улучшения качества жизни животных предполагает многопараметрический контроль их реализации, в том числе на тканевом уровне. Одним из современных методов контроля репаративных процессов на уровне ткани является инфракрасная термография.

Метод термографии основан на применении средств обнаружения и определения количественных характеристик источников теплового инфракрасного (ИК) излучения. ИК излучение визуализируется в виде термограммы, которая показывает распределение теплового излучения на поверхности объектов контроля. Поскольку термограмма отражает не только температуру объекта, а является интегральным показателем, в формировании которого принимают участие такие факторы, как сосудистая сеть и уровень метаболизма в ткани, в последние годы термографию, или тепловидение, широко используют в биологии. Инфракрасная тепловая визуализация позволяет осуществлять сравнительную физиологическую оценку явлений, включая термогенез, регулировку периферического кровотока, охлаждение испарением, физиологию дыхания [1].

Измерительные тепловизоры (ИК радиометры) позволяют дистанционно и оперативно измерять температуру во множестве точек исследуемого объекта, при этом число точек может превышать миллион. Термография

является неинвазивным экспресс-методом диагностики воспалительных процессов, в том числе и у животных [2], способом измерения дыхания в биомедицинских исследованиях и в клинических условиях [3], инструментом оценки безопасности и эффективности имплантации в костную ткань при использовании различных материалов [4].

В ветеринарной медицине имплантация в костную ткань широко применяется при остеосинтезе, а в последнее время актуальной стала тематика имплантации для восстановления функции зубочелюстного аппарата, в частности у собак [5]. Методы, позволяющие экспериментально и клинически оценить динамику остеорепаративных и интегративных процессов при имплантации, имеют ряд недостатков. Они либо достаточно инвазивны (цитологические, гистологические) [6], либо являются косвенными и опосредованы многими другими факторами (гемато-биохимический и цитокиновый статус) [7]. В настоящее время неинвазивным методом контроля архитектоники костной ткани является рентгенография [8]. В то же время изменение гемодинамики на уровне микроциркуляторного русла, приводящее к изменению температуры слизистых оболочек, является важным интегральным показателем состояния локальных процессов. Тепловидение позволяет объективно оценивать гемодинамику и состояние метаболизма тканей без инвазивных вмешательств [1]. Этот вид диагностики не только дает возможность анализировать функциональные изменения в динамике, но и позволяет уточнять локализацию и характер функциональных изменений, активность процесса и его распространенность.

Целью исследований стала комплексная оценка остеорепаративных и интегративных процессов при имплантации в костную ткань челюсти собак. В **задачи** исследования входило произвести внедрение в костную ткань челюсти собак имплантатов с разными свойствами внешних покрытий и отследить динамику биоинтегративных процессов в периимплантантной зоне с помощью методов рентгенографии и инфракрасной термографии.

Объект и методы

Объектом исследований являлись клинически здоровые беспородные собаки ($n=16$) в возрасте 1 года и живой массой 10-12 кг. Сравнительную динамику репаративного остеогенеза изучали при установке в челюсти собак экспериментальных имплантатов цилиндрической формы диаметром 3,5 мм и длиной 10 мм с винтовой канавкой. С помощью установки нагрева токами высокой частоты проводилась индукционно-термическая обработка их поверхности при температуре $800\pm 10^\circ\text{C}$ в течение 2 мин. с последующим охлаждением для формирования биокерамического покрытия диоксида титана (TiO_2) и нанесения на него полимерной плёнкой (полиазолидинаммоний, модифицированный гидрат-ионами галогенов с нано-агрегатами флавоноидов) по оригинальной авторской методике (Патент № 2535067). В качестве контроля использовались аналогичные имплантаты с биокерамическим покрытием, но без разработанной автором полимерной пленки, обладающей антисептическими, адаптогенными и регенерирующими свойствами.

Экспериментальным собакам под нейролептаналгезией удаляли премоляры и одноэтапно устанавливали контрольные и опытные образцы имплантатов с помощью динамометрического ключа, не закрывая слизистой оболочкой внекостную часть. Послеоперационная терапия включала в себя

стандартные, принятые в ветеринарии, процедуры. Все экспериментальные исследования проведены в соответствии с ГОСТ ISO 10993-1-2011.

Рентгенографический контроль процесса остеоинтеграции в периимплантантных тканях челюстей собак выполняли на цифровом рентгеновском аппарате «Вател 1» с рентгеновской трубкой TOSCIBA D-124. Для получения снимков, кроме стандартных позиций, рентгеновские лучи направляли под углом 45° к исследуемому объекту для исключения наслаеиной подлежащих тканей.

Визуализированное тепловое поле изучали при помощи тепловизора Flir SC3000 Quantum Well Infrared Photodetector (США). Обработка инфракрасного излучения поверхности тела осуществлялась через программный пакет ThermaCAM Researcher HS при частоте кадров до 750 Гц для стандарта PAL и до 900 Гц для стандарта NTSC, позволяющих проводить анализ динамических объектов и процессов.

Результаты и обсуждение

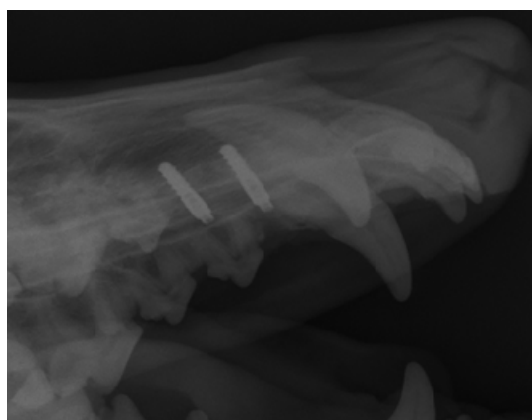
При проведении рентгенографических исследований в ранние (1-, 3-, 7-, 21-, 28-е сутки) и отдаленные (2-, 6-, 12-, 19-й мес.) сроки после операции очагов резорбции костной ткани в периимплантантной зоне экспериментальных и контрольных образцов выявлено не было (рис. 1).

Как показано на рисунке 1, рентгенография позволила отследить динамику архитектоники костной ткани, визуально выражающуюся в постепенном увеличении ее плотности и отсутствии очагов резорбции в зоне имплантации, что является маркером успешной остеоинтеграции как контрольных, так и опытных образцов. Однако эти данные не позволяют судить о характере биологических процессов в ткани и не дают возможности провести компаративную оценку остеорепаративных и интегративных процессов

для контрольных и экспериментальных образцов.



а



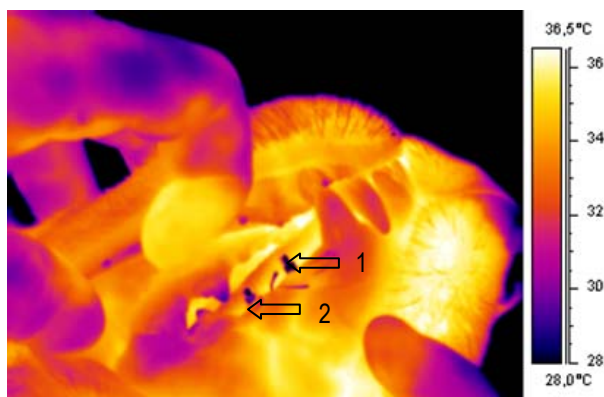
б

Рис. 1. Рентгенограмма через 6 (а) и 19 (б) месяцев после установки имплантатов

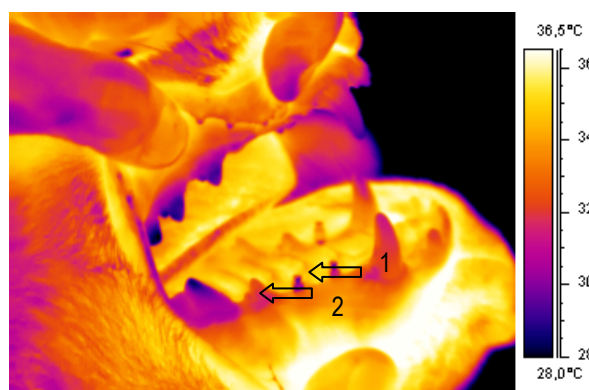
Тепловидение же, как метод визуализации теплового излучения, позволяет успешно применять его для объективной оценки процессов репарации. До установки имплан-

татов температурная разница окружающих тканей предполагаемых мест установки имплантатов составляла 0,2°C при абсолютных значениях 30,6 и 30,8°C. Картина тепловизионной диагностики зоны имплантации контрольного и опытного образцов в 1-е сутки после операции показала, что разница в температурных значениях участков десны около контрольного и опытного образцов была незначительной и составила 0,1°C при абсолютных значениях 31,5°C около опытного и 31,6°C около контрольного образцов. На протяжении первой недели эксперимента температурная разница увеличивалась, достигнув 0,8°C.

Пиковая разница в температуре регистрировалась на 9-е сутки эксперимента, составляя 2,0°C при абсолютных значениях 33,4°C около опытного и 35,4°C около контрольного образцов. С 9-х по 18-е сутки эксперимента происходило снижение температурных значений в периимплантантной зоне контрольных и опытных образцов. Однако разница между ними в пределах 0,7°C сохранялась при абсолютных значениях 31,0°C около опытного и 31,7°C около контрольного образцов. С 18-х до 25-е сутки происходило увеличение температурных значений до 34,1°C около контрольных и до 33,4°C около опытных имплантатов с сохраняющейся разницей в 0,7°C (рис. 2).



а



б

Рис. 2. Термография, 1-е сутки (а) и 25-е сутки (б) после операции: 1 – контроль; 2 – опыт

Постепенное уменьшение разницы температурных показателей около контрольных и опытных образцов происходило с 25-х по 32-е сутки и на момент окончания эксперимента, составив $0,1^{\circ}\text{C}$ при абсолютных значениях $33,3^{\circ}\text{C}$ около опытного и $33,4^{\circ}\text{C}$ около контрольного образца (рис. 3).

Как следует из данных термографии, представленных на рисунке 3, наблюдаемое в первую неделю локальное повышение температуры поверхности слизистой оболочки в области установки имплантатов может быть маркером воспалительного процесса вследствие механической травмы и внедрения в ткани гетерогенного материала. Причем в зоне установки экспериментальных имплантатов температурная кривая была плавная и менее выраженная по сравнению с контролем, где она имела вид пика.

Кроме того, полученные с помощью термографии данные демонстрировали разницу температурных значений в области имплантации опытных и контрольных образцов, до-

стигающую 2°C , что позволяет судить о биосовместимости имплантатов. Постепенное снижение температуры в периимплантантной зоне свидетельствует об ослаблении воспалительной реакции и стабилизации локального гомеостаза слизистой оболочки. Затем температурная кривая вновь показывает усиление обменных процессов в тканях зоны имплантации, что может служить маркером активных биоинтегративных процессов. На 32-е сутки наблюдалась стабилизация температурных показателей для контрольных и экспериментальных образцов. Следовательно, остеорепаративные и интегративные процессы при использовании имплантатов, содержащих на своей поверхности покрытие из полиазолидинаммония, модифицированного гидрат-ионами галогенов с наноагрегатами флавоноидов, сопровождается значительно менее выраженным метаболическим стрессом для организма животного, что удалось установить с помощью инфракрасной термографии.

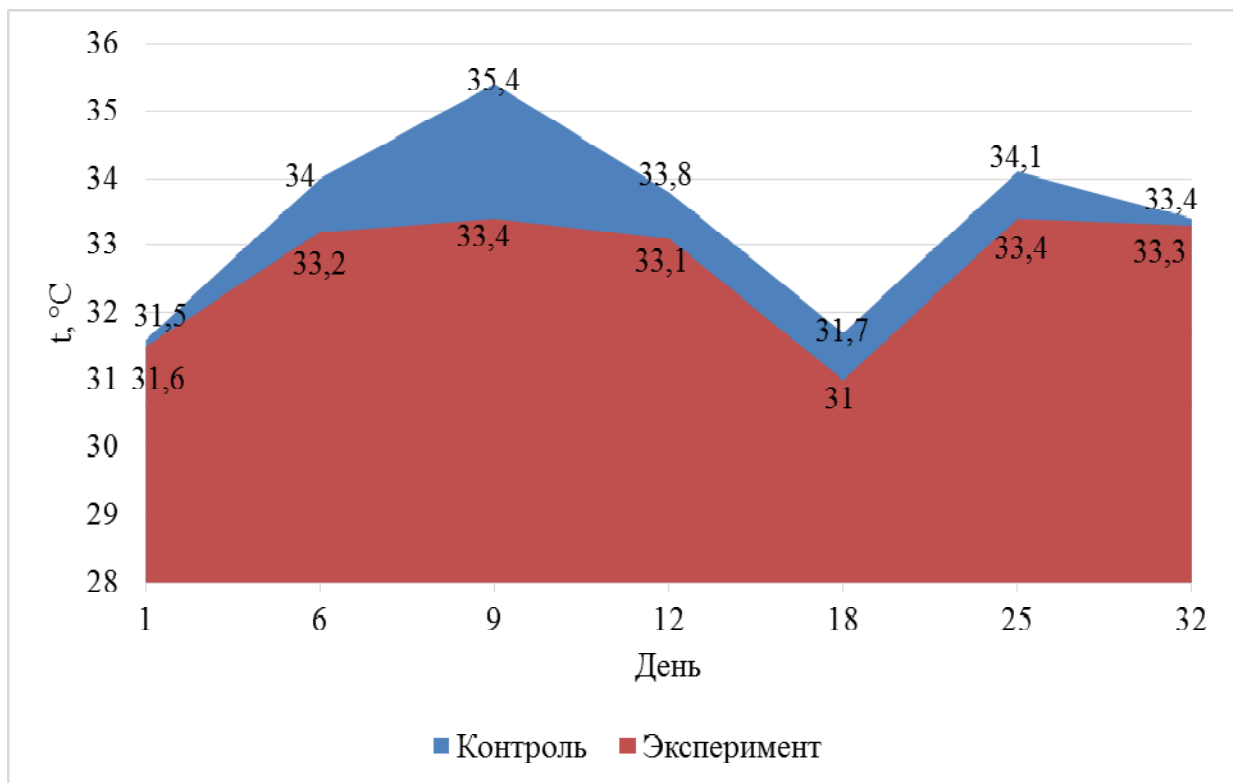


Рис. 3. Динамика температурных значений в периимплантантной зоне

Заключение

Таким образом, наши исследования показали, что, несмотря на высокую степень биосовместимости экспериментальных и контрольных образцов, нам удалось установить качественные и количественные различия в термограммах, соответствующие характеристикам покрытий имплантатов. Полученные данные свидетельствуют об эффективности применения тепловизионных методов в изучении реакции тканей на имплантационные материалы, что позволяет рекомендовать тепловидение как неинвазивный метод динамического и компоративного контроля степени остеорепаративных и интегративных процессов при имплантации у животных.

Библиографический список

1. Tattersall G.J. (2016). Infrared thermography: A non-invasive window into thermal physiology. *Comp. Biochem. Physiol. A. Mol. Integr. Physiol.* 202: 78-98.
2. Shecaira C.L., Seino C.H., Bombardelli J.A. et al. (2017). Using thermography as a diagnostic tool for omphalitis on newborn calves. *J. Therm. Biol.* 71: 209-211.
3. Mutlu K., Rabell J.E., Martin Del Olmo P., Haesler S. (2018). IR thermography-based monitoring of respiration phase without image segmentation. *J. Neurosci. Methods.* 301: 1-8.
4. Scarano A., Lorusso F., Numbissi S. (2020). Infrared Thermographic Evaluation of Temperature Modifications Induced during Implant Site Preparation with Steel vs. Zirconia Implant Drill. *J. Clin. Med.* 9.(1). pii: E148.
5. Красников, А. В. Экспериментальное применение биоинтеграционных имплантатов в ветеринарной хирургии / А. В. Красников, В. В. Анников, Ю. А. Ватников, И. Ф. Вилковьский. – Текст: непосредственный // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2017. – № 6. – С. 7-12.
6. Резник, Л. Б. Морфологическая оценка остеоинтеграции различных имплантов при

замещении дефектов длинных костей (экспериментальное исследование) / Л. Б. Резник, С. А. Ерофеев, И. В. Стасенко, Д. Ю. Борзунов. – Текст: непосредственный // Гений ортопедии. – 2019. – Т. 25, № 3. – С. 318-323.

7. Красников, А. В. Цитокиновый профиль сыворотки крови и десневой жидкости собак при установке имплантатов / А. В. Красников, В. В. Анников. – Текст: непосредственный // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2017. – № 2. – С. 90-94.

8. Морозова, Д. Д. Остеоденситометрические показатели нижней челюсти собак в период смены зубов / Д. Д. Морозова, А. В. Красников, В. В. Анников, Е. С. Красникова. – Текст: непосредственный // Ветеринарный врач. – 2019. – № 2. – С. 58-62.

References

1. Tattersall G.J. (2016). Infrared thermography: A non-invasive window into thermal physiology. *Comp. Biochem. Physiol. A. Mol. Integr. Physiol.* 202: 78-98.
2. Shecaira C.L., Seino C.H., Bombardelli J.A. et al. (2017). Using thermography as a diagnostic tool for omphalitis on newborn calves. *J. Therm. Biol.* 71: 209-211.
3. Mutlu K., Rabell J.E., Martin Del Olmo P., Haesler S. (2018). IR thermography-based monitoring of respiration phase without image segmentation. *J. Neurosci. Methods.* 301: 1-8.
4. Scarano A., Lorusso F., Numbissi S. (2020). Infrared Thermographic Evaluation of Temperature Modifications Induced during Implant Site Preparation with Steel vs. Zirconia Implant Drill. *J. Clin. Med.* 9.(1). pii: E148.
5. Krasnikov, A.V. Eksperimentalnoe primeneniye biointegratsionnykh implantatov v veterinarnoy khirurgii / A.V. Krasnikov, V.V. Annikov, Yu.A. Vatnikov, I.F. Vilkovyskiy // Veterinariya, zootekhniya i biotekhnologiya. – 2017. – No. 6. – S. 7-12.

6. Reznik, L.B. Morfologicheskaya otsenka osteointegratsii razlichnykh implantov pri zameshchenii defektov dlinnykh kostey (eksperimentalnoe issledovanie) / L.B. Reznik, S.A. Erofeev, I.V. Stasenko, D.Yu. Borzunov // Geniy ortopedii. – 2019. – T. 25, No. 3. – S. 318-323.

7. Krasnikov, A.V. Tsitokinovyy profil syvoroutki krovi i desnevoy zhidkosti sobak pri

ustanovke implantatov / A.V. Krasnikov, V.V. Annikov // Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii. – 2017. – No. 2. – S. 90-94.

8. Morozova, D.D. Osteodensitometricheskie pokazateli nizhney chelyusti sobak v period smeny zubov / D.D. Morozova, A.V. Krasnikov, V.V. Annikov, E.S. Krasnikova // Veterinarnyy vrach. – 2019. – No. 2. – S. 58-62.



УДК 619:612.11.12

П.А. Красочко, М.А. Понаськов
P.A. Krasochko, M.A. Ponaskov

ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС СУХОСТОЙНЫХ КОРОВ ПОСЛЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИВАЛЕНТНОЙ ВАКЦИНЫ ПРОТИВ ИНФЕКЦИОННЫХ ПНЕВМОЭНТЕРИТОВ ТЕЛЯТ

HEMATOLOGICAL STATUS OF DRY COWS AFTER APPLICATION OF POLYVALENT VACCINE AGAINST INFECTIOUS PNEUMOENTERITIS IN CALVES

Ключевые слова: вакцинация, сухостойные коровы, гематологические показатели, поливалентная вакцина, пневмоэнтериты, телята, инфекционный ринотрахеит, вирусная диарея, парагрипп-3, респираторно-синцитиальная инфекция, рота- и коронавирусная инфекция.

Болезни молодняка крупного рогатого скота вирусной этиологии вследствие падежа и снижения продуктивности животных приводят к значительным экономическим убыткам. Одним из важнейших мероприятий в борьбе с вирусными пневмоэнтеритами крупного рогатого скота является специфическая

профилактика. Учитывая эпизоотическую ситуацию в стране по вирусным болезням молодняка крупного рогатого скота, была разработана опытная поливалентная вакцина против инфекционного ринотрахеита, вирусной диареи, парагриппа-3, респираторно-синцитиальной, рота- и коронавирусной инфекции крупного рогатого скота. Целью исследований стало изучение влияния вакцинации опытной поливалентной вакциной против вирусных пневмоэнтеритов на гематологические показатели крови у сухостойных коров. Исследования проводились в лаборатории биотехнологии отдела научно-исследовательских экспертиз НИИ ПВМ и Б УО ВГАВМ, СРДУП «Ули-