

УДК 619:618.7

Научный обзор



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-399-10-45-57

А.В. Устименко¹А.И. Абилов¹✉П.Л. Козменков²

¹Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, Подольск, Московская обл., Россия

²ООО «Альта НН», Нижний Новгород, Россия

✉ ahmed.abilov@mail.ru

Поступила в редакцию: 08.07.2025

Одобрена после рецензирования: 11.09.2025

Принята к публикации: 26.09.2025

© Устименко А.В., Абилов А.И.,
Козменков П.Л.

Review



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2025-399-10-45-57

Anna V. Ustimenko¹Ahmed I. Abilov¹✉Peter L. Kozmenkov²

¹L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Podolsk, Moscow Region, Russia

²"Alta NN" LLC, Nizhny Novgorod, Russia

✉ ahmed.abilov@mail.ru

Received by the editorial office: 08.07.2025

Accepted in revised: 11.09.2025

Accepted for publication: 26.09.2025

© Устименко А.В., Абилов А.И., Козменков П.Л.

Послеотельные отклонения у коров и первотелок и способы их коррекции

РЕЗЮМЕ

Представлен научный анализ современных зарубежных публикаций по изучению послеотельных отклонений у коров и первотелок и способов их коррекции. Учитывая, что отечественные публикации по данной теме находятся в свободном доступе, было решено подготовить обзор по проблемам на основании данных зарубежных статей.

В обзоре нашли свое отражение публикации, которые показывают, как этиологический фактор влияет на послеотельные отклонения у коров и первотелок. Обращено внимание на факторы, вызывающие различные послеотельные осложнения — гипокальциемию, кетоз, задержание последа, болезни матки, которые впоследствии снижают эффективность воспроизводства, молочную продуктивность, продуктивное долголетие в стадах. Основные меры профилактики этих отклонений на основании исследований зарубежных авторов описаны в данном обзоре.

Данный обзор позволяет читателям расширить познания по проблемам у животных после отела, а именно учитывать некоторые физиологические изменения, которые в той или иной степени могут стать причиной развития различных отклонений, а также позволит практикам применять методы профилактики и коррекции этих осложнений до развития тяжелых и необратимых последствий.

Ключевые слова: послеотельный период, кетоз, гипокальциемия, эндометрит, задержание последа, коррекция

Для цитирования: Устименко А.В., Абилов А.И., Козменков П.Л. Послеотельные отклонения у коров и первотелок и способы их коррекции. Аграрная наука. 2025; 399(10): 45–57.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-399-10-45-57>

Postpartum deviations in cows and first-calf heifers and methods for their correction

ABSTRACT

A scientific analysis of modern foreign publications on postpartum deviations in cows and first-calf heifers and methods for their correction was carried out. Considering that domestic publications on this topic are freely available, it was decided to prepare a review of the problems based on data from foreign articles.

The review reflects publications that show how the etiological factor affects postpartum abnormalities in cows and first-born heifers. Attention is drawn to the factors that cause various postpartum complications, such as hypocalcemia, ketosis, afterbirth retention, uterine diseases that subsequently reduce reproductive efficiency, milk production, and productive longevity in herds. The main preventive measures for these deviations based on research by foreign authors are described in this review.

This review allows readers to expand their knowledge of problems in animals after calving, namely, to take into account some physiological changes that, to one degree or another, can cause the development of various deviations, and will also allow practitioners to apply methods for the prevention and correction of these complications before the development of severe and irreversible consequences.

Key words: postpartum period, ketosis, hypocalcemia, endometritis, retained placenta, correction

For citation: Ustimenko A.V., Abilov A.I., Kozmenkov P.L. Postpartum deviations in cows and first-calf heifers and methods for their correction. Agrarian science. 2025; 399(10): 45–57 (in Russian).

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-399-10-45-57>

Введение/Introduction

Переход от поздней стадии беременности к лактации является сложным периодом для молочных коров. Успешный переходный период зависит от метаболической адаптации к новому физиологическому состоянию в ранней лактации и правильной поддержки потребностей коровы [1, 2]. В связи с сокращающимся сроком полезного хозяйственного использования коров [3] в стадах возникает необходимость заменять их первотелками, более тщательно подходить к проведению их отелов для достижения максимальных показателей сохранности и минимальных — заболеваемости [4].

Непосредственно период отела связан с угнетением иммунитета, снижением потребления корма и отрицательным энергетическим балансом, в результате чего до 50% молочных коров в этот период страдают от метаболических или инфекционных заболеваний [5, 6]. Исследователи [7] отмечают, что в течение послеродового периода примерно у трети коров наблюдается хотя бы одно клиническое заболевание (метрит, мастит, кетоз и др.). Кроме того, увеличенная послеродовая матка, заполненная остатками плаценты и лохиями, способствует размножению микробов и развитию маточных инфекций [8].

Все заболевания у коров могут влиять на эффективность производства: снижая продуктивность молока, ухудшая репродуктивную способность и сокращая продолжительность жизни молочной коровы за счет увеличения показателей выбраковки. Раннее выявление больных коров является важнейшей задачей в области охраны здоровья молочного стада [9].

Метаболические изменения, происходящие в организме животных после отела, особенно в условиях стресса, вызывают повышение концентрации кортикоэстерионидов [10]. Так, концентрация кортизола и уровень холестерина в плазме были значительно повышены у коров с дистоцией ($p < 0,001$) и их телят ($p < 0,019$ и $p < 0,007$ соответственно) [11]. Преждевременная акушерская помощь приводит к высокой распространенности тяжелой дистоции и отрицательно влияет на послеродовое здоровье матери и жизнеспособность новорожденного теленка, поэтому выбор подходящего времени для помощи имеет первостепенное значение для благополучия как матери, так и ее потомства [12].

Для оценки энергетического баланса, здоровья и репродуктивных результатов у молочных коров в послеродовой период широко используется показатель упитанности — BCS [13, 14]. Его снижение при отеле связано с более низкой молочной продуктивностью и меньшей вероятностью беременности, тогда как повышение BCS при отеле может указывать на возникновение послеродовых метаболических заболеваний [15, 16]. У коров, которым не ограничивали потребление энергии до отела, в предродовой период отмечали гипергликемию, гиперинсулинемию и более высокий уровень циркулирующего лептина, после

чего в послеродовой период следовали более высокая гиперлипидемия и продукция кетоновых тел по сравнению с коровами, у которых потребление контролировалось или ограничивалось. У перекормленных коров это сочеталось с большим накоплением общего количества липидов в печени и большей частотой метаболических нарушений. Это исследование подтверждает важность контроля потребления энергии в предродовой период для предотвращения метаболической дисфункции в послеродовой период [17].

Самым большим достижением в области здоровья молочных коров за последние годы стал сдвиг парадигмы от лечения заболеваний к профилактике. Другим важным достижением стало более глубокое изучение заболеваний, а именно определение и описание их субклинических форм [18].

Материалы и методы исследования / Materials and methods

Поиск литературы проводили без ограничений по дате публикации исследования, типу публикации или языку статьи, хотя большинство поисковых терминов вводили на английском и русском языках. Обзор составлен в основном на публикациях зарубежных авторов, анализ публикаций охватывает период с 1988 по 2024 год включительно.

Поиск потенциально релевантных статей производили по ключевым словам в трех электронных базах данных — Scopus, Sci-Hub и Elibrary.ru и поисковой системы «Академия Google». При выборе статей для обзора приоритет отдавали источникам с большим количеством цитирования. Были изучены списки литературы отобранных публикаций для выявления дополнительных релевантных источников информации.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Во время послеродового периода значительно возрастает риск развития ряда патологических состояний, таких как гипокальциемия, задержание последа, воспалительные заболевания матки (метриты, эндометриты), а также нарушения обмена веществ, включая кетоз. Эти заболевания существенно снижают продуктивность животных и могут иметь длительные последствия для их репродуктивной функции.

Гипокальциемия (молочная лихорадка) — это метаболическое заболевание, вызванное низкой концентрацией кальция (Ca) в крови (≤ 2 ммоль/л) [19]. В среднем до 10% [20] молочных коров страдают от клинической гипокальциемии, при этом субклиническая форма этого метаболического нарушения может достигать 50% в зависимости от разных стад [21, 22]. Эти и другие исследования свидетельствуют о том, что коровы с субклинической гипокальциемией в 3–5 раз чаще страдают послеродовыми заболеваниями [23] и на 50% чаще удаляются из стада в начале лактации, чем коровы с нормокальциемией [24].

Роль Са в мышечной функции имеет значительные последствия для нормального течения родов и работы желудочно-кишечного тракта коров в период отела. Внеклеточный Са участвует в возбудимости нейронов и мышечных клеток [25]. Поддержание оптимального баланса Са в первые несколько дней после родов может иметь первостепенное значение, так как сниженный его уровень в течение 24-часового периода у небеременных нелактирующих коров нарушает функцию нейтрофилов *in vitro* [26]. Во время молочной лихорадки сокращение мышц и тонус желудочно-кишечной и сердечно-сосудистой систем не поддерживаются, это может привести к гибели животного [22].

Тяжелая гипокальциемия возникает, когда в крови коровы не поддерживается необходимая концентрация кальция, и приводит к таким клиническим признакам, как вялость, возбудимость, длительное лежачее положение, и, если ее не лечить, к смерти [27]. Кроме того, это заболевание увеличивает риск возникновения мастита, задержания последа, эндометрита, кетоза, смещения сычуга и задержку первой овуляции после отела [19].

Несколько недавних исследований показывают, что усиленные негативные последствия несет именно продолжительная низкая концентрация кальция в крови у новотельных коров. Это приводит к снижению (на 70%) шансов наступления будущей стельности до первого осеменения по сравнению с коровами, имеющими нормальные показатели кальция в этот период [28]. Субклиническая гипокальциемия задерживает первую течку после отела и снижает вероятность того, что коровы проявят признаки течки в течение первых 60 дней лактации [29].

Существует несколько способов инициировать предродовую регуляцию Са с целью профилактики послеродовой гипокальциемии, таких как диеты с низким содержанием кальция, использование витамина D, парентеральное введение Са и контроль катионно-анионного баланса — DCAD [30].

Использование дородовой диеты с низким содержанием кальция создает дефицит, который стимулирует секрецию паратиреоидного гормона. Такие диеты направлены исключительно на профилактику гипокальциемии за счет низкого содержания Са. Они труднодостижимы, поскольку требуют скармливания менее 20 г Са в день, что является сложной задачей на коммерческих молочных фермах. Эту диету возможно обеспечить за счет включения связывающих Са веществ, чаще всего посредством введения цеолита или синтетического силиката натрия [31]. Однако исследования проводили на небольшом количестве коров, что может ставить под сомнение эффективность данной стратегии для крупных хозяйств.

Катионно-анионный баланс (КАБ) — DCAD (dietary cation-anion difference) [32]. Кормление

коров до отела кислотогенными рационами способствует поддержанию повышенного уровня кальция в крови, когда происходит синтез молозива и молока [33]. Кормление рационами с отрицательным КАБ (то есть от -50 до -200 мг-экв/кг СВ) приводит к частично компенсированному метаболическому ацидозу со снижением рН мочи и небольшим снижением рН крови [34].

Правильное включение так называемых анионных солей в рацион коров в предродовой период существенно снизило исторически высокую распространенность клинической гипокальциемии у коров в послеродовой период за последние несколько десятилетий [33, 34]. Механизмы, посредством которых предродовой отрицательный КАБ способствует улучшению гомеостаза кальция, полностью не выявлены, но существует несколько версий. Увеличение потока Са из-за большей почечной экскреции до родов является одним из возможных объяснений улучшения послеродового состояния. Почечная экскреция Са очень низкая у жвачных животных и не изменяется при ограниченном его поступлении в рацион [35].

Снижение рН канальцевой жидкости сопровождается небольшим увеличением доли ионизированного Са в крови и увеличением его экскреции с мочой. Можно предположить, что почечная экскреция Са может быть немедленно снижена снова, как только рацион переключается на положительный КАБ при отеле [36].

Другой способ, которым отрицательный КАБ, как полагают, готовит коров к лактации, — это повышение чувствительности тканей к паратиреоидному гормону. Основная теория объясняется тем, что при использовании рационов с отрицательным КАБ рецепторы паратиреоидного гормона становятся более чувствительными к нему [37]. В одном из исследований животным скармливали 2 рациона — с отрицательным и положительным КАБ, а после проводили инъекции паратиреоидного гормона. В результате повышенные уровни сывороточного Са отмечены у животных, получавших рацион с отрицательным КАБ [38]. Похожее исследование было проведено в 2019 году [39], в котором получили аналогичные результаты.

Использование витамина D. Вопрос о статусе витамина D у молочных коров заключается в том, что сывороточные концентрации витамина D ($25(\text{OH})\text{D}$) у молочных коров, которых кормят в соответствии с современными методами, указывают на то, что послеродовая гипокальциемия не является результатом недостаточного дополнительного витамина D_3 . Десятилетия экспериментов, посвященных витамину D и профилактике гипокальциемии, показали, что недостаточное поступление витамина D не является причиной гипокальциемии [30]. R.M. Rodney и соавт. [40] выявили неспособность дополнительного витамина $D_3 > 60\ 000\ \text{МЕ}/\text{день}$ существенно увеличить сывороточный $25(\text{OH})\text{D}$ — это указывает на то,

что дополнительный витамин $D_3 > 60\,000$ МЕ/день дает мало преимуществ и, следовательно, не является действенным методом профилактики гипокальциемии.

Парентеральное введение кальция. Инъекционные препараты, вводимые подкожно, хоть и увеличивают концентрацию Са в крови, мало влияют на риск последующего развития заболевания, производство молока или репродуктивную функцию [41, 42]. Кроме того, некоторые авторы отмечали негативное влияние инъекционного Са на его гомеостаз в организме коров [43, 44]. То есть развитие регистрировали развитие гипокальциемии примерно через 24 часа после введения внутривенного Са сразу после отела коровам, у которых не было признаков клинической гипокальциемии. Схожий эффект наблюдали и при подкожном введении кальция [42].

Задержка плаценты (последа) — это патологическое состояние, определяемое как неспособность вытолкнуть плодные оболочки в течение 12–24 часов после родов [45, 46]. Важными признаками, связанными с задержанием последа, являются деградация, изменение цвета и свищание плодных оболочек с вульвы более чем через 24 часа после родов [47]. Основные факторы развития задержания последа — возраст коровы, дистоция (тяжелый отел), рождение двоен [48], мертворождение [49], а также abortionы на поздних сроках [12, 50], нарушение функции печени [51].

Гипокальциемия может быть предрасполагающим фактором к развитию задержания [52]. В разных странах уровень распространения этого заболевания варьируется от 4 до 16% [53, 54]. В течение 6–9 часов после родов плодные оболочки, которые остаются в матке, начинают разрушаться и становятся подходящей питательной средой для различных бактерий. Эти бактерии первоначально вызывают острый послеродовой метрит, а затем клинический или субклинический эндометрит, который приводит к поздней инволюции матки и поздней регрессии желтого тела яичников после отела [55].

Средняя заболеваемость с задержанием последа у коров в Иране в течение года составила 12,3% (в диапазоне от 9,0 до 15,4%). Каждый случай значительно снижал надои молока, жира и белка у первотелок и взрослых коров ($p < 0,05$). Неблагоприятное воздействие этого послеродового отклонения на производство молока было намного выше у коров на ранней стадии лактации (то есть в группе 100-дневной лактации), чем у коров в середине или конце лактации. Однако показатели fertильности были в меньшей степени затронуты задержанием у первотелок по сравнению с коровами старше первой лактации. Среднее количество дней без телят увеличилось на $8,3 \pm 5,3$ и $19,8 \pm 7,1$ дня у первотелок и взрослых коров соответственно. Самые высокие финансовые потери

из-за задержания последа были связаны со снижением молочной продуктивности и низкой плодовитостью (38,5% и 28,5% от общей потери соответственно), что имело наибольший вклад у первотелок и коров [50].

При постановке диагноза «задержание последа» чаще всего используют системные антибиотические препараты [56]. Однако в некоторых хозяйствах до сих пор практикуют введение внутриматочных антибиотиков, которые, наоборот, могут блокировать отделение последа [57]. Помимо этого, исторически практикуется ручное удаление последа, однако эффективность и полезность такой процедуры научно не доказаны [58]. Ручное отделение может привести к более тяжелым инфекциям матки, поэтому в некоторых источниках оно описывается как вредное для животных [59, 60].

Основными пунктами профилактики задержания последа считается полноценное и физиологичное кормление животных в течение транзитного периода [61], а также профилактика гипокальциемии и недостатка витамина Е и селена [62, 63].

Болезни матки (метрит, эндометрит) — на молочных фермах от 5–25% [64] до 40% [65] дойных коров между 3-м и 14-м днями после отела могут страдать от метрита — воспаления стенки матки, характеризующегося зловонными выделениями из вульвы, которое сопровождается повышением температуры тела (острое течение) [64, 66]. Интересен факт: у коров с метритом, у которых не развивается лихорадка, и наблюдается аналогичное снижение надоев, регистрируют более высокие показатели излечения [67] и улучшение плодовитости по сравнению с коровами с метритом, у которых развивается лихорадка. По данным многих исследователей, развитию болезней матки, а также задержке плаценты способствует сниженная функциональная способность нейтрофилов [68–70].

Во всех исследованиях у животных наблюдали снижение активности нейтрофилов за 2 недели до отела, более низкое количество циркулирующих нейтрофилов во время отела либо снижение функции нейтрофилов (активность миелопероксидазы) непосредственно после отела, у которых впоследствии было диагностировано какое-либо заболевание матки, а после лечения отмечали усиление белкового обмена, повышение уровня глюкозы, ускорение инволюции с нормализацией соотношения Са:Р, кислотно-щелочное равновесие, что обеспечило восстановление функциональной активности полового аппарата [71].

Бактериальное загрязнение полости матки после отела является основной причиной развития метрита [72]. Знание разнообразия микробиоты матки может дать дополнительное представление о видах, связанных с репродуктивными расстройствами, и имеет решающее

значение для эффективных терапевтических вмешательств [73]. Имеются данные [74], показывающие микробный пейзаж при остром гнойно-катаральном эндометрите в хозяйствах РФ, где показано, что эндометриты вызывают ассоциации условно-патогенных микроорганизмов.

Эндометрит — воспаление эндометрия, слизистой оболочки матки [68], которое характеризуется гнойными выделениями из вульвы через 21 день после отела или позже, обычно без повышения температуры тела и имеющее хроническое течение [75]. Клинический эндометрит характеризуется наличием белых или бело-желтых слизисто-гнойных выделений из влагалища у коровы в послеродовом периоде, а субклинический эндометрит — воспалением эндометрия, но без видимых гнойных выделений [76].

Факторы риска развития болезней матки:

- кормление (избыток белка, недостаток витаминов и др.);
- сезон отела (влажная погода может пагубно сказываться на состоянии иммунной системы коров [77], а также нельзя исключать влияние теплового стресса [78]);
- возраст коровы (у взрослых коров снижена эластичность матки, инволюция матки происходит медленнее [12, 79], что может служить предрасполагающим фактором к развитию послеродового метрита);
- аномальный отел (дистоция, мертворожденность) (при тяжелом отеле часто возникают травмы эндометрия, а акушерская помощь может способствовать проникновению бактерий в матку [66, 80]. Это особенно касается первотелок, так как у них более высокий процент развития дистоции при отеле [48]);
- задержание плаценты (как упоминалось ранее, остаточная часть плаценты служит благоприятной средой для развития бактерий в матке [48, 50]);
- метаболический стресс (отрицательный энергетический баланс после отела может приводить к развитию послеродовых заболеваний [81, 82]).

Одним из выявленных методов ранней диагностики метрита является определение количества циркулирующих концентраций гемоглобина (*Hr*) [83, 84]. E.J. Williams и соавт. [85] показали, что бактериальное загрязнение просвета матки у крупного рогатого скота было связано с увеличением концентрации *Hr*. Гемоглобин связывается с гемоглобином и, таким образом, подавляет бактериальную пролиферацию, снижая доступность железа. Хотя существует множество различных белков острой фазы, измерение *Hr* представляет особый интерес для обнаружения воспаления у крупного рогатого скота из-за его фактического отсутствия в сыворотке здоровых животных [86]. Однако в современных исследованиях показано, что чувствительность для выявления острого послеродового метрита путем измерения *Hr* у первородящих и взрослых коров на 5-й день

после отела составила всего 64% и 72% соответственно [87]. Поскольку гемоглобин является индикатором неспецифического врожденного иммунного ответа, активируемого различными воспалительными поражениями, дополнительные переменные могут влиять на концентрацию *Hr* и снижать его чувствительность [86, 88]. Такое отсутствие специфичности можно рассматривать как предостережение против использования концентраций *Hr* в плазме для выявления больных коров [89].

Общая цель профилактики этих заболеваний заключается в поддержке и сохранении врожденной иммунной функции. Считается, что повышение иммунитета снижает риск того, что воспаление и бактериальное загрязнение после отела приведут к метриту или эндометриту [90]. Имеются данные, показывающие эффективность использования энрофлоксацина с суспензией аспарагиновой кислоты на уровне 87,5%, продолжительность времени от отела до первой охоты на 4 дня меньше, процент оплодотворения животных в первую охоту на 27,5% выше [91].

Проводится тестирование препаратов, которые не являются антибиотиками, с целью снижения возникающих послеродовых инфекций матки [92]. Еще одной их мер профилактики всех послеродовых заболеваний является профилактика возникающего отрицательного энергетического баланса, то есть рацион новородильных коров должен быть сбалансирован таким образом, чтобы покрывать метаболические затраты на поддержание жизни и продуктивности [93]. Помимо этого, как упоминалось ранее, метрит чаще всего развивается после задержания последа, особенно после его ручного удаления, несмотря на использование внутриматочных антибиотиков [94]. Следовательно, в этом случае мера профилактики — это снижение возникающих случаев задержания плаценты, а также корректное лечение зарегистрированных задержаний без ручного отделения. Кроме того, гигиена подстилки во время отела может влиять на частоту возникновения инфекций матки [95], то есть дезинфекция оборудования и постоянная смена подстилки между отелами могут свести эти заболевания к минимуму [96]. Однако ряд исследователей не подтвердили влияние гигиены на будущие инфекции матки [97].

Кетоз — метаболическое заболевание молочных коров, характеризующееся высоким содержанием кетоновых тел, то есть β -гидроксибутирата, ацетоацетата и ацетона в крови, моче и молоке, которое возникает в начале лактации [98]. Кетоновые тела — это группа органических химических веществ, которые являются промежуточными метabolитами жира. Они являются альтернативным продуктом окисления свободных жирных кислот в печени, а процесс их образования называется кетогенезом. Они возникают, когда организм получает энергию из молекул

жира, вместо того чтобы извлекать ее из глюкозы. Некоторые из молекул последней затем могут быть преобразованы в кетоновые тела [99].

Основной версией возникновения кетоза является дефицит энергии (в основном глюкозы) сразу после отела [98, 100, 101]. Низкие концентрации глюкозы в крови связаны с гипоинсулинемией, которая впоследствии запускает мобилизацию жирных кислот из жировой ткани, тем самым увеличивая образование кетоновых тел. В печени жирные кислоты либо окисляются до углекислого газа и кетоновых тел, либо повторно этерифицируются в триглицериды для хранения и включения в липопротеины низкой плотности. Избыточное накопление триглицеридов приводит к жировой дистрофии печени [102, 103].

Отрицательные последствия кетоза могут включать снижение надоев, ухудшение репродуктивной функции (например, бесплодие), высокий риск других послеотельных заболеваний, включая смещение съчуга, хромоту, мастит, метрит и задержание последа, а также более высокий уровень выбраковки в первые 60 дней [104].

Золотым стандартом для тестирования кетоза у молочных коров является измерение уровня β -гидроксибутират в крови [105, 106]. Существуют две основные классификации кетоза — в зависимости от концентрации кетоновых тел в крови и клинических признаков и в зависимости от этиологии и продолжительности.

По первой классификации [107] кетоз делят на клинический и субклинический. Субклинический связывают с концентрацией β -гидроксибутират $> 1,2$ ммоль/л [97, 108]. При этом состоянии не наблюдается характерных клинических признаков и у животных сохраняется аппетит. Клинический кетоз относится к случаям гиперкетонемии, сопровождающимся проявлением клинических признаков и гипогликемии, характеризуется концентрацией β -гидроксибутират в крови $\geq 3,0$ ммоль/л [109].

По второй классификации разделяется на кетоз I и II типа. Первичный кетоз (I типа) является классической формой, которая возникает между 3 и 6 неделями после отела, когда максимальное количество энергии тратится на производство молока [110]. Он соответствует сахарному диабету I типа у людей. Коровы с кетозом I типа испытывают гипоинсулинемию во время диагностики гиперкетонемии и хронической гипогликемии из-за нехватки предшественников глюкозы для производства молока [98, 110]. Кетоз II типа чаще всего диагностируется через несколько дней после отела. Обычно это связано со слабым покрытием потребности в энергии из-за недостаточного количества сухого вещества. Отсутствие аппетита в этот период вызвано перекармливанием (синдром жирной коровы). Кетоз I и II типов, особенно в субклинической форме, является наиболее распространенным в настоящее время нарушением обмена веществ у молочных коров [111].

Зная, что кетоз в большинстве случаев возникает из-за энергетического дисбаланса, крайне важно инвестировать в профилактику, отслеживая наиболее разумные и слабые моменты продуктивной жизни коровы [112]. Экономические стратегии профилактики или смягчения последствий должны приниматься в соответствии с условиями, характерными для стада и страны.

В большом обзорном исследовании J.M. Cainzos и соавт. [113] показатели затрат на кетоз, представленные в различных экономических исследованиях, всегда следует тщательно рассматривать и интерпретировать в свете исходных данных для оценки и реалий стада. Однако независимо от оценок во всех исследованиях сообщается, что кетоз оказывает существенное негативное экономическое воздействие на молочную отрасль.

Коровы с кетозом I типа обычно хорошо реагируют на различные методы лечения. Ключ к предотвращению кетоза I типа — максимизировать потребление энергии в начале лактации. В некоторых стадах это может быть так же просто, как скармливание большего количества концентрированных кормов в начале лактации [110]. Глюкоза (или соединения, которые могут быть преобразованы в глюкозу) способна снизить уровень кетонов в крови после внутривенного введения. Пропиленгликоль дают в виде перорального вливания для снижения уровня неэтерифицированных жирных кислот в крови и тяжести жировой дистрофии печени при отеле или уровня кетонов в крови после отела [114, 115].

В определенных ситуациях кортикоステроиды, такие как дексаметазон, можно использовать для стимуляции метаболической активности и повышения аппетита, хотя этот подход менее распространен. Однако профилактические стратегии часто более эффективны, чем лечение, фокусируясь на управлении рационами, мониторинге состояния тела, минимизации стресса и раннем выявлении [116].

Выводы/Conclusions

Общие способы коррекции для всех послеродовых заболеваний коров

После изучения большого количества статей общими стратегиями профилактики всех болезней послеродового периода у молочного скота стали:

1. Контроль рационов в транзитный период (cationно-анионный баланс до отела, достаточное количество энергии — после отела) [52].

2. Поддержка нормального уровня кальция [52].

3. Контроль упитанности (стандарт BCS между 3,0 и 3,25) [15].

4. Снижение любых стресс факторов: перегонь, работа ветврачей [117], влияние теплового стресса [118].

Дополнительно начали появляться более современные методы наблюдения и контроля за состоянием животных, а именно были разработаны

автоматизированные датчики, обнаружающие проблемы со здоровьем у дойных коров, в том числе электропроводность и температура молока, активность и pH-метры рубца [119]. В некоторых исследованиях сообщают о высокой чувствительности и специфичности отдельных датчиков.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в работу. Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абилов А.И. (ред.). Некоторые аспекты воспроизведения крупного рогатого скота. СПб.: Проспект науки. 2019; 302. ISBN 978-5-906109-91-0
<https://elibrary.ru/mosbhn>
2. Caixeta L.S., Omontese B.O. Monitoring and Improving the Metabolic Health of Dairy Cows during the Transition Period. *Animals*. 2021; 11(2): 352.
<https://doi.org/10.3390/ani11020352>
3. Стрекозов Н.И. Сивкин Н.И. Продуктивное долголетие коров при голштинизации черно-пестрого скота. *Генетика и разведение животных*. 2014; (2): 11–16.
<https://elibrary.ru/umyhl>
4. Фролова Е.М., Абилов А.И., Шамшидин А.С. Профилактика гинекологических заболеваний коров с использованием нового протокола и расчет эффективности его применения. *Генетика и разведение животных*. 2022; (1): 54–61.
<https://doi.org/10.31043/2410-2733-2022-1-54-61>
5. LeBlanc S. Monitoring Metabolic Health of Dairy Cattle in the Transition Period. *Journal of Reproduction and Development*. 2010; 56(S): S29–S35.
<https://doi.org/10.1262/jrd.1056S29>
6. Sordillo L.M. Nutritional strategies to optimize dairy cattle immunity. *Journal of Dairy Science*. 2016; 99(6): 4967–4982.
<https://doi.org/10.3168/jds.2015-10354>
7. Ribeiro E.S., Carvalho M.R. Impact and mechanisms of inflammatory diseases on embryonic development and fertility in cattle. *Animal Reproduction*. 2018; 14(3): 589–600. <http://doi.org/10.21451/1984-3143-AR1002>
8. Sheldon I.M., Cronin J., Goetze L., Donofrio G., Schuberth H.-J. Defining Postpartum Uterine Disease and the Mechanisms of Infection and Immunity in the Female Reproductive Tract in Cattle. *Biology of Reproduction*. 2009; 81(6): 1025–1032.
<https://doi.org/10.1095/biolreprod.109.077370>
9. Gröhn Y.T., Rajala-Schultz P.J., Allore H.G., DeLorenzo M.A., Hertl J.A., Galligan D.T. Optimizing replacement of dairy cows: modeling the effects of diseases. *Preventive Veterinary Medicine*. 2003; 61(1): 27–43.
[https://doi.org/10.1016/S0167-5877\(03\)00158-2](https://doi.org/10.1016/S0167-5877(03)00158-2)
10. Mormède P. et al. Exploration of the hypothalamic-pituitary-adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. *Physiology & Behavior*. 2007; 92(3): 317–339.
<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.12.003>
11. Civelek T., Celik H.A., Avci G., Cingi C.C. Effects of dystocia on plasma cortisol and cholesterol levels in Holstein heifers and their newborn calves. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*. 2008; 52(4): 649–654.
12. Kovács L., Kézér F.L., Szenci O. Effect of calving process on the outcomes of delivery and postpartum health of dairy cows with unassisted and assisted calvings. *Journal of Dairy Science*. 2016; 99(9): 7568–7573.
<https://doi.org/10.3168/jds.2016-11325>
13. Hoedemaker M., Prange D., Gundelach Y. Body Condition Change Ante- and Postpartum, Health and Reproductive Performance in German Holstein Cows. *Reproduction in Domestic Animals*. 2009; 44(2): 167–173.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2007.00992.x>
14. Chebel R.C., Mendonça L.G.D., Baruselli P.S. Association between body condition score change during the dry period and postpartum health and performance. *Journal of Dairy Science*. 2018; 101(5): 4595–4614.
<https://doi.org/10.3168/jds.2017-13732>
15. Roche J.R., Friggens N.C., Kay J.K., Fisher M.W., Stafford K.J., Berry D.P. *Invited review*: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *Journal of Dairy Science*. 2009; 92(12): 5769–5801.
<https://doi.org/10.3168/jds.2009-2431>

Проблемы с изменчивостью между коровами и фермами и выбором золотого стандарта, определяющего состояние здоровья, сохраняются, в то время как неопределенные соотношения затрат и пользы сенсорной технологии ставят под сомнение экономическую выгоду от внедрения.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

1. Abilov A.I. (ed.). Some aspects of cattle reproduction. St. Petersburg: Prospekt nauki. 2019; 302 (in Russian). ISBN 978-5-906109-91-0
<https://elibrary.ru/mosbhn>
2. Caixeta L.S., Omontese B.O. Monitoring and Improving the Metabolic Health of Dairy Cows during the Transition Period. *Animals*. 2021; 11(2): 352.
<https://doi.org/10.3390/ani11020352>
3. Strekozov N.I., Sivkin N.I. Productive longevity of cows with Holsteinization of Black-and-White cattle. *Genetics and breeding of animals*. 2014; (2): 11–16 (in Russian).
<https://elibrary.ru/umyhl>
4. Frolova E.M., Abilov A.I., Shamshidin A.S. Prevention of gynecological diseases of cows using a new protocol and calculation of the effectiveness of its application. *Genetics and breeding of animals*. 2022; (1): 54–61 (in Russian).
<https://doi.org/10.31043/2410-2733-2022-1-54-61>
5. LeBlanc S. Monitoring Metabolic Health of Dairy Cattle in the Transition Period. *Journal of Reproduction and Development*. 2010; 56(S): S29–S35.
<https://doi.org/10.1262/jrd.1056S29>
6. Sordillo L.M. Nutritional strategies to optimize dairy cattle immunity. *Journal of Dairy Science*. 2016; 99(6): 4967–4982.
<https://doi.org/10.3168/jds.2015-10354>
7. Ribeiro E.S., Carvalho M.R. Impact and mechanisms of inflammatory diseases on embryonic development and fertility in cattle. *Animal Reproduction*. 2018; 14(3): 589–600. <http://doi.org/10.21451/1984-3143-AR1002>
8. Sheldon I.M., Cronin J., Goetze L., Donofrio G., Schuberth H.-J. Defining Postpartum Uterine Disease and the Mechanisms of Infection and Immunity in the Female Reproductive Tract in Cattle. *Biology of Reproduction*. 2009; 81(6): 1025–1032.
<https://doi.org/10.1095/biolreprod.109.077370>
9. Gröhn Y.T., Rajala-Schultz P.J., Allore H.G., DeLorenzo M.A., Hertl J.A., Galligan D.T. Optimizing replacement of dairy cows: modeling the effects of diseases. *Preventive Veterinary Medicine*. 2003; 61(1): 27–43.
[https://doi.org/10.1016/S0167-5877\(03\)00158-2](https://doi.org/10.1016/S0167-5877(03)00158-2)
10. Mormède P. et al. Exploration of the hypothalamic-pituitary-adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. *Physiology & Behavior*. 2007; 92(3): 317–339.
<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.12.003>
11. Civelek T., Celik H.A., Avci G., Cingi C.C. Effects of dystocia on plasma cortisol and cholesterol levels in Holstein heifers and their newborn calves. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*. 2008; 52(4): 649–654.
12. Kovács L., Kézér F.L., Szenci O. Effect of calving process on the outcomes of delivery and postpartum health of dairy cows with unassisted and assisted calvings. *Journal of Dairy Science*. 2016; 99(9): 7568–7573.
<https://doi.org/10.3168/jds.2016-11325>
13. Hoedemaker M., Prange D., Gundelach Y. Body Condition Change Ante- and Postpartum, Health and Reproductive Performance in German Holstein Cows. *Reproduction in Domestic Animals*. 2009; 44(2): 167–173.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2007.00992.x>
14. Chebel R.C., Mendonça L.G.D., Baruselli P.S. Association between body condition score change during the dry period and postpartum health and performance. *Journal of Dairy Science*. 2018; 101(5): 4595–4614.
<https://doi.org/10.3168/jds.2017-13732>
15. Roche J.R., Friggens N.C., Kay J.K., Fisher M.W., Stafford K.J., Berry D.P. *Invited review*: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *Journal of Dairy Science*. 2009; 92(12): 5769–5801.
<https://doi.org/10.3168/jds.2009-2431>

16. Pérez-Báez J. et al. Investigating the Use of Dry Matter Intake and Energy Balance Prepartum as Predictors of Digestive Disorders Postpartum. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8: 645252. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.645252>
17. Janovick N.A., Boisclair Y.R., Drackley J.K. Prepartum dietary energy intake affects metabolism and health during the periparturient period in primiparous and multiparous Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 2011; 94(3): 1385–1400. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3303>
18. LeBlanc S.J., Lissemore K.D., Kelton D.F., Duffield T.F., Leslie K.E. Major Advances in Disease Prevention in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. 2006; 89(4): 1267–1279. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72195-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72195-6)
19. Seifi H.A., Kia S. Subclinical Hypocalcemia in Dairy Cows: Pathophysiology, Consequences and Monitoring. *Iranian Journal of Veterinary Science and Technology*. 2017; 9(2): 1–15. <https://doi.org/10.22067/veterinary.v9i2.69198>
20. Bhanugopan M.S., Lievaart J. Survey on the occurrence of milk fever in dairy cows and the current preventive strategies adopted by farmers in New South Wales, Australia. *Australian Veterinary Journal*. 2014; 92(6): 200–205. <https://doi.org/10.1111/avj.12183>
21. Houe H. et al. Milk fever and subclinical hypocalcaemia — An evaluation of parameters on incidence risk, diagnosis, risk factors and biological effects as input for a decision support system for disease control. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2001; 42(1): 1–29.
22. Reinhardt T.A., Lippolis J.D., McCluskey B.J., Goff J.P., Horst R.L. Prevalence of subclinical hypocalcemia in dairy herds. *The Veterinary Journal*. 2011; 188(1): 122–124. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2010.03.025>
23. Семенов В.Г. и др. Профилактика субклинических форм кетоза и гипокальциемии молочных коров. *Аграрная наука*. 2022; (11): 29–35. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-364-11-29-35>
24. Venjakob P.L., Pieper L., Heuwieser W., Borchardt S. Association of postpartum hypocalcemia with early-lactation milk yield, reproductive performance, and culling in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2018; 101(10): 9396–9405. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14202>
25. Han P., Trinidad B.J., Shi J. Hypocalcemia-Induced Seizure: Demystifying the Calcium Paradox. *ASN Neuro*. 2015; 7(2): 1759091415578050. <https://doi.org/10.1177/1759091415578050>
26. Martinez N. et al. Effect of induced subclinical hypocalcemia on physiological responses and neutrophil function in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2014; 97(2): 874–887. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7408>
27. Oetzel G.R. Monitoring and testing dairy herds for metabolic disease. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2004; 20(3): 651–674. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2004.06.006>
28. Caixeta L.S., Ospina P.A., Capel M.B., Nydam D.V. Association between subclinical hypocalcemia in the first 3 days of lactation and reproductive performance of dairy cows. *Theriogenology*. 2017; 94: 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.01.039>
29. Rodríguez E.M., Arís A., Bach A. Associations between subclinical hypocalcemia and postparturient diseases in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(9): 7427–7434. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12210>
30. Wilkens M.R., Nelson C.D., Hernandez L.L., McArt J.A. Symposium review: Transition cow calcium homeostasis—Health effects of hypocalcemia and strategies for prevention. *Journal of Dairy Science*. 2020; 103(3): 2909–2927. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17268>
31. Kerwin A.L. et al. Effects of feeding synthetic zeolite A during the prepartum period on serum mineral concentration, oxidant status, and performance of multiparous Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 2019; 102(6): 5191–5207. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16272>
32. Lean I.J., DeGaris P.J., Celi P., McNeill D.M., Rodney R.M., Fraser D.R. Influencing the future: interactions of skeleton, energy, protein and calcium during late gestation and early lactation. *Animal Production Science*. 2014; 54(9): 1177–1189. <https://doi.org/10.1071/AN14479>
33. Lean I.J., DeGaris P.J., McNeill D.M., Block E. Hypocalcemia in Dairy Cows: Meta-analysis and Dietary Cation Anion Difference Theory Revisited. *Journal of Dairy Science*. 2006; 89(2): 669–684. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72130-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72130-0)
34. Santos J.E.P., Lean I.J., Golder H., Block E. Meta-analysis of the effects of prepartum dietary cation-anion difference on performance and health of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2019; 102(3): 2134–2154. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14628>
16. Pérez-Báez J. et al. Investigating the Use of Dry Matter Intake and Energy Balance Prepartum as Predictors of Digestive Disorders Postpartum. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021; 8: 645252. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.645252>
17. Janovick N.A., Boisclair Y.R., Drackley J.K. Prepartum dietary energy intake affects metabolism and health during the periparturient period in primiparous and multiparous Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 2011; 94(3): 1385–1400. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3303>
18. LeBlanc S.J., Lissemore K.D., Kelton D.F., Duffield T.F., Leslie K.E. Major Advances in Disease Prevention in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. 2006; 89(4): 1267–1279. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72195-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72195-6)
19. Seifi H.A., Kia S. Subclinical Hypocalcemia in Dairy Cows: Pathophysiology, Consequences and Monitoring. *Iranian Journal of Veterinary Science and Technology*. 2017; 9(2): 1–15. <https://doi.org/10.22067/veterinary.v9i2.69198>
20. Bhanugopan M.S., Lievaart J. Survey on the occurrence of milk fever in dairy cows and the current preventive strategies adopted by farmers in New South Wales, Australia. *Australian Veterinary Journal*. 2014; 92(6): 200–205. <https://doi.org/10.1111/avj.12183>
21. Houe H. et al. Milk fever and subclinical hypocalcaemia — An evaluation of parameters on incidence risk, diagnosis, risk factors and biological effects as input for a decision support system for disease control. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2001; 42(1): 1–29.
22. Reinhardt T.A., Lippolis J.D., McCluskey B.J., Goff J.P., Horst R.L. Prevalence of subclinical hypocalcemia in dairy herds. *The Veterinary Journal*. 2011; 188(1): 122–124. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2010.03.025>
23. Semenov V.G. et al. Prevention of subclinical forms of ketosis and hypocalcemia in dairy cows. *Agrarian science*. 2022; (11): 29–35 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-364-11-29-35>
24. Venjakob P.L., Pieper L., Heuwieser W., Borchardt S. Association of postpartum hypocalcemia with early-lactation milk yield, reproductive performance, and culling in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2018; 101(10): 9396–9405. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14202>
25. Han P., Trinidad B.J., Shi J. Hypocalcemia-Induced Seizure: Demystifying the Calcium Paradox. *ASN Neuro*. 2015; 7(2): 1759091415578050. <https://doi.org/10.1177/1759091415578050>
26. Martinez N. et al. Effect of induced subclinical hypocalcemia on physiological responses and neutrophil function in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2014; 97(2): 874–887. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7408>
27. Oetzel G.R. Monitoring and testing dairy herds for metabolic disease. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2004; 20(3): 651–674. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2004.06.006>
28. Caixeta L.S., Ospina P.A., Capel M.B., Nydam D.V. Association between subclinical hypocalcemia in the first 3 days of lactation and reproductive performance of dairy cows. *Theriogenology*. 2017; 94: 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.01.039>
29. Rodríguez E.M., Arís A., Bach A. Associations between subclinical hypocalcemia and postparturient diseases in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(9): 7427–7434. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12210>
30. Wilkens M.R., Nelson C.D., Hernandez L.L., McArt J.A. Symposium review: Transition cow calcium homeostasis—Health effects of hypocalcemia and strategies for prevention. *Journal of Dairy Science*. 2020; 103(3): 2909–2927. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17268>
31. Kerwin A.L. et al. Effects of feeding synthetic zeolite A during the prepartum period on serum mineral concentration, oxidant status, and performance of multiparous Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 2019; 102(6): 5191–5207. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16272>
32. Lean I.J., DeGaris P.J., Celi P., McNeill D.M., Rodney R.M., Fraser D.R. Influencing the future: interactions of skeleton, energy, protein and calcium during late gestation and early lactation. *Animal Production Science*. 2014; 54(9): 1177–1189. <https://doi.org/10.1071/AN14479>
33. Lean I.J., DeGaris P.J., McNeill D.M., Block E. Hypocalcemia in Dairy Cows: Meta-analysis and Dietary Cation Anion Difference Theory Revisited. *Journal of Dairy Science*. 2006; 89(2): 669–684. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72130-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72130-0)
34. Santos J.E.P., Lean I.J., Golder H., Block E. Meta-analysis of the effects of prepartum dietary cation-anion difference on performance and health of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2019; 102(3): 2134–2154. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14628>

35. Herm G., Muscher-Banse A.S., Breves G., Schröder B., Wilkens M.R. Renal mechanisms of calcium homeostasis in sheep and goats. *Journal of Animal Science*. 2015; 93(4): 1608–1621. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8450>
36. Zimpel R. et al. Effect of dietary cation-anion difference on acid-base status and dry matter intake in dry pregnant cows. *Journal of Dairy Science*. 2018; 101(9): 8461–8475. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14748>
37. Distibanchong S., Martin K.J., McConkey C.L., Gonzalez E.A. Metabolic acidosis up-regulates PTH/PTHrP receptors in UMR 106-01 osteoblast-like cells. *Kidney International*. 2002; 62(4): 1171–1177. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1755.2002.kid568.x>
38. Goff J.P., Liesegang A., Horst R.L. Diet-induced pseudohypoparathyroidism: A hypocalcemia and milk fever risk factor. *Journal of Dairy Science*. 2014; 97(3): 1520–1528. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7467>
39. Vieira-Neto A. et al. Effect of duration of exposure to diets differing in dietary cation-anion difference on Ca metabolism after a parathyroid hormone challenge in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2021; 104(1): 1018–1038. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19127>
40. Rodney R.M. et al. Effects of prepartum dietary cation-anion difference and source of vitamin D in dairy cows: Vitamin D, mineral, and bone metabolism. *Journal of Dairy Science*. 2018; 101(3): 2519–2543. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13737>
41. Miltensburg C.L., Duffield T.F., Bienzle D., Scholtz E.L., LeBlanc S.J. Randomized clinical trial of a calcium supplement for improvement of health in dairy cows in early lactation. *Journal of Dairy Science*. 2016; 99(8): 6550–6562. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-10961>
42. Domino A.R., Korzec H.C., McArt J.A.A. Field trial of 2 calcium supplements on early lactation health and production in multiparous Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(12): 9681–9690. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12885>
43. Blanc C.D., Van der List M., Aly S.S., Rossow H.A., Silva-del-Rio N. Blood calcium dynamics after prophylactic treatment of subclinical hypocalcemia with oral or intravenous calcium. *Journal of Dairy Science*. 2014; 97(11): 6901–6906. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-7927>
44. Wilms J., Wang G., Doelman J., Jacobs M., Martin-Tereso J. Intravenous calcium infusion in a calving protocol disrupts calcium homeostasis compared with an oral calcium supplement. *Journal of Dairy Science*. 2019; 102(7): 6056–6064. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15754>
45. Laven R.A., Peters A.R. Bovine retained placenta: aetiology, pathogenesis and economic loss. *Veterinary Record*. 1996; 139(19): 465–471. <https://doi.org/10.1136/vr.139.19.465>
46. Amin Y.A., Hussein H.A. Latest update on predictive indicators, risk factors and 'Omic' technologies research of retained placenta in dairy cattle — A review. *Reproduction in Domestic Animals*. 2022; 57(7): 687–700. <https://doi.org/10.1111/rda.14115>
47. Dervishi E., Zhang G., Hailemariam D., Dunn S.M., Ametaj B.N. Occurrence of retained placenta is preceded by an inflammatory state and alterations of energy metabolism in transition dairy cows. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2016; 7: 26. <https://doi.org/10.1186/s40104-016-0085-9>
48. Ghavi Hosseini-Zadeh N., Ardalan M. Cow-specific risk factors for retained placenta, metritis and clinical mastitis in Holstein cows. *Veterinary Research Communications*. 2011; 35(6): 345–354. <https://doi.org/10.1007/s11259-011-9479-5>
49. Bicalho R.C., Galvão K.N., Cheong S.H., Gilbert R.O., Warnick L.D., Guard C.L. Effect of Stillbirths on Dam Survival and Reproduction Performance in Holstein Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 2007; 90(6): 2797–2803. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-504>
50. Mahnani A., Sadeghi-Sefidmagzi A., Ansari-Mahyari S., Ghorbani G.-R. Assessing the consequences and economic impact of retained placenta in Holstein dairy cattle. *Theriogenology*. 2021; 175: 61–68. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.08.036>
51. Бурков П.В., Щербаков П.Н., Ребезов М.Б. Использование препарата «Овостим-CT» при профилактике гепатозов и задержаний последа у коров после отела. Аграрная наука. 2022; (7–8): 44–48. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-44-48>
52. Melendez P., Donovan G.A., Risco C.A., Goff J.P. Plasma mineral and energy metabolite concentrations in dairy cows fed an anionic prepartum diet that did or did not have retained fetal membranes after parturition. *American Journal of Veterinary Research*. 2004; 65(8): 1071–1076. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2004.65.1071>
35. Herm G., Muscher-Banse A.S., Breves G., Schröder B., Wilkens M.R. Renal mechanisms of calcium homeostasis in sheep and goats. *Journal of Animal Science*. 2015; 93(4): 1608–1621. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8450>
36. Zimpel R. et al. Effect of dietary cation-anion difference on acid-base status and dry matter intake in dry pregnant cows. *Journal of Dairy Science*. 2018; 101(9): 8461–8475. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14748>
37. Distibanchong S., Martin K.J., McConkey C.L., Gonzalez E.A. Metabolic acidosis up-regulates PTH/PTHrP receptors in UMR 106-01 osteoblast-like cells. *Kidney International*. 2002; 62(4): 1171–1177. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1755.2002.kid568.x>
38. Goff J.P., Liesegang A., Horst R.L. Diet-induced pseudohypoparathyroidism: A hypocalcemia and milk fever risk factor. *Journal of Dairy Science*. 2014; 97(3): 1520–1528. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7467>
39. Vieira-Neto A. et al. Effect of duration of exposure to diets differing in dietary cation-anion difference on Ca metabolism after a parathyroid hormone challenge in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2021; 104(1): 1018–1038. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19127>
40. Rodney R.M. et al. Effects of prepartum dietary cation-anion difference and source of vitamin D in dairy cows: Vitamin D, mineral, and bone metabolism. *Journal of Dairy Science*. 2018; 101(3): 2519–2543. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13737>
41. Miltensburg C.L., Duffield T.F., Bienzle D., Scholtz E.L., LeBlanc S.J. Randomized clinical trial of a calcium supplement for improvement of health in dairy cows in early lactation. *Journal of Dairy Science*. 2016; 99(8): 6550–6562. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-10961>
42. Domino A.R., Korzec H.C., McArt J.A.A. Field trial of 2 calcium supplements on early lactation health and production in multiparous Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(12): 9681–9690. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12885>
43. Blanc C.D., Van der List M., Aly S.S., Rossow H.A., Silva-del-Rio N. Blood calcium dynamics after prophylactic treatment of subclinical hypocalcemia with oral or intravenous calcium. *Journal of Dairy Science*. 2014; 97(11): 6901–6906. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-7927>
44. Wilms J., Wang G., Doelman J., Jacobs M., Martin-Tereso J. Intravenous calcium infusion in a calving protocol disrupts calcium homeostasis compared with an oral calcium supplement. *Journal of Dairy Science*. 2019; 102(7): 6056–6064. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15754>
45. Laven R.A., Peters A.R. Bovine retained placenta: aetiology, pathogenesis and economic loss. *Veterinary Record*. 1996; 139(19): 465–471. <https://doi.org/10.1136/vr.139.19.465>
46. Amin Y.A., Hussein H.A. Latest update on predictive indicators, risk factors and 'Omic' technologies research of retained placenta in dairy cattle — A review. *Reproduction in Domestic Animals*. 2022; 57(7): 687–700. <https://doi.org/10.1111/rda.14115>
47. Dervishi E., Zhang G., Hailemariam D., Dunn S.M., Ametaj B.N. Occurrence of retained placenta is preceded by an inflammatory state and alterations of energy metabolism in transition dairy cows. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2016; 7: 26. <https://doi.org/10.1186/s40104-016-0085-9>
48. Ghavi Hosseini-Zadeh N., Ardalan M. Cow-specific risk factors for retained placenta, metritis and clinical mastitis in Holstein cows. *Veterinary Research Communications*. 2011; 35(6): 345–354. <https://doi.org/10.1007/s11259-011-9479-5>
49. Bicalho R.C., Galvão K.N., Cheong S.H., Gilbert R.O., Warnick L.D., Guard C.L. Effect of Stillbirths on Dam Survival and Reproduction Performance in Holstein Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 2007; 90(6): 2797–2803. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-504>
50. Mahnani A., Sadeghi-Sefidmagzi A., Ansari-Mahyari S., Ghorbani G.-R. Assessing the consequences and economic impact of retained placenta in Holstein dairy cattle. *Theriogenology*. 2021; 175: 61–68. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.08.036>
51. Бурков П.В., Щербаков П.Н., Ребезов М.Б. Использование препарата «Овостим-CT» при профилактике гепатозов и задержаний последа у коров после отела. Аграрная наука. 2022; (7–8): 44–48. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-361-7-8-44-48>
52. Melendez P., Donovan G.A., Risco C.A., Goff J.P. Plasma mineral and energy metabolite concentrations in dairy cows fed an anionic prepartum diet that did or did not have retained fetal membranes after parturition. *American Journal of Veterinary Research*. 2004; 65(8): 1071–1076. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2004.65.1071>

53. Goff J.P. Major Advances in Our Understanding of Nutritional Influences on Bovine Health. *Journal of Dairy Science*. 2006; 89(4): 1292–1301.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72197-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72197-X)
54. Han Y.-K., Kim I.-H. Risk factors for retained placenta and the effect of retained placenta on the occurrence of postpartum diseases and subsequent reproductive performance in dairy cows. *Journal of Veterinary Science*. 2005; 6(1): 53–59.
55. LeBlanc S.J. Interactions of Metabolism, Inflammation, and Reproductive Tract Health in the Postpartum Period in Dairy Cattle. *Reproduction in Domestic Animals*. 2012; 47(S5): 18–30.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2012.02109.x>
56. Drillich M., Mahlstedt M., Reichert U., Tenhagen B.A., Heuwieser W. Strategies to Improve the Therapy of Retained Fetal Membranes in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 2006; 89(2): 627–635.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72126-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72126-9)
57. Eiler H., Hopkins F.M. Bovine Retained Placenta: Effects of Collagenase and Hyaluronidase on Detachment of Placenta. *Biology of Reproduction*. 1992; 46(4): 580–585.
<https://doi.org/10.1093/biolreprod46.4.580>
58. Drillich M., Reichert U., Mahlstedt M., Heuwieser W. Comparison of Two Strategies for Systemic Antibiotic Treatment of Dairy Cows with Retained Fetal Membranes: Preventive vs. Selective Treatment. *Journal of Dairy Science*. 2006; 89(5): 1502–1508.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72217-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72217-2)
59. Bolinder A., Seguin B., Kindahl H., Bouley D., Otterby D. Retained fetal membranes in cows: Manual removal versus nonremoval and its effect on reproductive performance. *Theriogenology*. 1988; 30(1): 45–56.
[https://doi.org/10.1016/0093-691X\(88\)90262-2](https://doi.org/10.1016/0093-691X(88)90262-2)
60. Frazer G.S. A Rational Basis for Therapy in the Sick Postpartum Cow. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2005; 21(2): 523–568.
<https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2005.03.005>
61. Tucho T.T. Review on Retention of Placenta in Dairy Cows and its Economic and Reproductive Impacts. *Journal of Natural Sciences Research*. 2017; 7(7): 28–37.
62. Allison R.D., Laven R.A. Effect of vitamin E supplementation on the health and fertility of dairy cows: a review. *Veterinary Record*. 2000; 147(25): 703–708.
<https://doi.org/10.1136/vr.147.25.703>
63. Bourne N., Laven R., Wathes D.C., Martinez T., McGowan M. A meta-analysis of the effects of Vitamin E supplementation on the incidence of retained foetal membranes in dairy cows. *Theriogenology*. 2007; 67(3): 494–501.
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.08.015>
64. LeBlanc S.J. Review: Postpartum reproductive disease and fertility in dairy cows. *Animal*. 2023; 17(S1): 100781.
<https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100781>
65. Galvão K.N. Uterine diseases in dairy cows: understanding the causes and seeking solutions. *Animal Reproduction*. 2013; 10(3): 228–238
66. Negasee K.A. Clinical Metritis and Endometritis in Diary Cattle: A Review. *Veterinary Medicine - Open Journal*. 2020; 5(2): 51–56.
67. Giuliodori M.J., Magnasco R.P., Becu-Villalobos D., Lacau-Mengido I.M., Risco C.A., de la Sota R.L. Metritis in dairy cows: Risk factors and reproductive performance. *Journal of Dairy Science*. 2013; 96(6): 3621–3631.
<https://doi.org/10.3168/jds.2012-5922>
68. Hoeben D. et al. Chemiluminescence of bovine polymorphonuclear leucocytes during the periparturient period and relation with metabolic markers and bovine pregnancy-associated glycoprotein. *Journal of Dairy Research*. 2000; 67(2): 249–259.
<https://doi.org/10.1017/S0022029900004052>
69. Hammon D.S., Evjen I.M., Dhiman T.R., Goff J.P., Walters J.L. Neutrophil function and energy status in Holstein cows with uterine health disorders. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 2006; 113(1–2): 21–29.
<https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2006.03.022>
70. Moretti P., Probo M., Cantoni A., Paltrinieri S., Giordano A. Fluctuation of neutrophil counts around parturition in Holstein dairy cows with and without retained placenta. *Research in Veterinary Science*. 2016; 107: 207–212.
<https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2016.06.015>
71. Григорьева Т.Е., Сергеева Н.С. Обмен веществ у коров, больных эндометритом. *Аграрная наука*. 2017; (5): 25–26.
<https://elibrary.ru/ysvnot>
72. Dohmen M.J.W., Joop K., Sturk A., Bols P.E.J., Lohuis J.A.C.M. Relationship between intra-uterine bacterial contamination, endotoxin levels and the development of endometritis in postpartum cows with dystocia or retained placenta. *Theriogenology*. 2000; 54(7): 1019–1032.
[https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(00\)00410-6](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00410-6)
53. Goff J.P. Major Advances in Our Understanding of Nutritional Influences on Bovine Health. *Journal of Dairy Science*. 2006; 89(4): 1292–1301.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72197-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72197-X)
54. Han Y.-K., Kim I.-H. Risk factors for retained placenta and the effect of retained placenta on the occurrence of postpartum diseases and subsequent reproductive performance in dairy cows. *Journal of Veterinary Science*. 2005; 6(1): 53–59.
55. LeBlanc S.J. Interactions of Metabolism, Inflammation, and Reproductive Tract Health in the Postpartum Period in Dairy Cattle. *Reproduction in Domestic Animals*. 2012; 47(S5): 18–30.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2012.02109.x>
56. Drillich M., Mahlstedt M., Reichert U., Tenhagen B.A., Heuwieser W. Strategies to Improve the Therapy of Retained Fetal Membranes in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 2006; 89(2): 627–635.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72126-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72126-9)
57. Eiler H., Hopkins F.M. Bovine Retained Placenta: Effects of Collagenase and Hyaluronidase on Detachment of Placenta. *Biology of Reproduction*. 1992; 46(4): 580–585.
<https://doi.org/10.1093/biolreprod46.4.580>
58. Drillich M., Reichert U., Mahlstedt M., Heuwieser W. Comparison of Two Strategies for Systemic Antibiotic Treatment of Dairy Cows with Retained Fetal Membranes: Preventive vs. Selective Treatment. *Journal of Dairy Science*. 2006; 89(5): 1502–1508.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72217-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72217-2)
59. Bolinder A., Seguin B., Kindahl H., Bouley D., Otterby D. Retained fetal membranes in cows: Manual removal versus nonremoval and its effect on reproductive performance. *Theriogenology*. 1988; 30(1): 45–56.
[https://doi.org/10.1016/0093-691X\(88\)90262-2](https://doi.org/10.1016/0093-691X(88)90262-2)
60. Frazer G.S. A Rational Basis for Therapy in the Sick Postpartum Cow. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2005; 21(2): 523–568.
<https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2005.03.005>
61. Tucho T.T. Review on Retention of Placenta in Dairy Cows and its Economic and Reproductive Impacts. *Journal of Natural Sciences Research*. 2017; 7(7): 28–37.
62. Allison R.D., Laven R.A. Effect of vitamin E supplementation on the health and fertility of dairy cows: a review. *Veterinary Record*. 2000; 147(25): 703–708.
<https://doi.org/10.1136/vr.147.25.703>
63. Bourne N., Laven R., Wathes D.C., Martinez T., McGowan M. A meta-analysis of the effects of Vitamin E supplementation on the incidence of retained foetal membranes in dairy cows. *Theriogenology*. 2007; 67(3): 494–501.
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.08.015>
64. LeBlanc S.J. Review: Postpartum reproductive disease and fertility in dairy cows. *Animal*. 2023; 17(S1): 100781.
<https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100781>
65. Galvão K.N. Uterine diseases in dairy cows: understanding the causes and seeking solutions. *Animal Reproduction*. 2013; 10(3): 228–238
66. Negasee K.A. Clinical Metritis and Endometritis in Diary Cattle: A Review. *Veterinary Medicine - Open Journal*. 2020; 5(2): 51–56.
67. Giuliodori M.J., Magnasco R.P., Becu-Villalobos D., Lacau-Mengido I.M., Risco C.A., de la Sota R.L. Metritis in dairy cows: Risk factors and reproductive performance. *Journal of Dairy Science*. 2013; 96(6): 3621–3631.
<https://doi.org/10.3168/jds.2012-5922>
68. Hoeben D. et al. Chemiluminescence of bovine polymorphonuclear leucocytes during the periparturient period and relation with metabolic markers and bovine pregnancy-associated glycoprotein. *Journal of Dairy Research*. 2000; 67(2): 249–259.
<https://doi.org/10.1017/S0022029900004052>
69. Hammon D.S., Evjen I.M., Dhiman T.R., Goff J.P., Walters J.L. Neutrophil function and energy status in Holstein cows with uterine health disorders. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 2006; 113(1–2): 21–29.
<https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2006.03.022>
70. Moretti P., Probo M., Cantoni A., Paltrinieri S., Giordano A. Fluctuation of neutrophil counts around parturition in Holstein dairy cows with and without retained placenta. *Research in Veterinary Science*. 2016; 107: 207–212.
<https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2016.06.015>
71. Григорьева Т.Е., Сергеева Н.С. Метаболизм у коров с эндометритом. *Аграрная наука*. 2017; (5): 25–26 (in Russian).
<https://elibrary.ru/ysvnot>
72. Dohmen M.J.W., Joop K., Sturk A., Bols P.E.J., Lohuis J.A.C.M. Relationship between intra-uterine bacterial contamination, endotoxin levels and the development of endometritis in postpartum cows with dystocia or retained placenta. *Theriogenology*. 2000; 54(7): 1019–1032.
[https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(00\)00410-6](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00410-6)

73. Handelsman J. Metagenomics: Application of Genomics to Uncultured Microorganisms. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 2004; 68(4): 669–685.
<https://doi.org/10.1128/mmbr.68.4.669-685.2004>
74. Луцай В.И., Солошенко Н.Ю., Нефедов А.М., Сибирцев В.Д., Руденко А.А., Руденко П.А. Микробный пейзаж при остром гнойно-катаральном послеродовом эндометрите у коров. *Аграрная наука*. 2024; (3): 66–71.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-380-3-66-71>
75. Abdel-Latif M.A. et al. Impact of Supplementing Propylene Glycol and Calcium Propionate to Primiparous Buffalo Cows During the Late Gestation and Early Lactation Period on Reproductive Performance and Metabolic Parameters. *Alexandria Journal of Veterinary Sciences*. 2016; 51(1): 114–121.
<https://doi.org/10.5455/ajvs.240341>
76. Нежданов А.Г., Шабунин С.В., Михалев В.И., Филин В.В., Скориков В.Н. Послеродовой метрит у молочных коров. *Ветеринария*. 2016; (8): 3–10.
<https://elibrary.ru/wjczdn>
77. Adnane M., Kaidi R., Hanzen C., England G.C.W. Risk factors of clinical and subclinical endometritis in cattle: a review. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*. 2017; 41(1): 1–11.
<https://doi.org/10.3906/vet.1603-63>
78. Dawod A., Min B.R. Effect of puerperal metritis on Holstein cows productive, reproductive variables and culling rates. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*. 2014; 9(3): 162–169.
<https://doi.org/10.3844/ajavsp.2014.162.169>
79. Benzaquen M.E., Risco C.A., Archbald L.F., Melendez P., Thatcher M.-J., Thatcher W.W. Rectal Temperature, Calving-Related Factors, and the Incidence of Puerperal Metritis in Postpartum Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 2007; 90(6): 2804–2814.
<https://doi.org/10.3168/jds.2006-482>
80. Kumari S., Kumaresan A., Patbandha T.K., Ravi S.K. Risk Factors for Metritis and Its Effect on Productive and Reproductive Performance in Dairy Cattle and Buffaloes. *Agricultural Research*. 2016; 5(1): 72–80.
<https://doi.org/10.1007/s40003-015-0183-5>
81. Yáñez U., Herradón P.G., Becerra J.J., Peña A.I., Quintela L.A. Relationship between Postpartum Metabolic Status and Subclinical Endometritis in Dairy Cattle. *Animals*. 2022; 12(3): 242.
<https://doi.org/10.3390/ani12030242>
82. Лощинин С.О., Авдеенко В.С., Фирсов Г.М., Племяшов К.В., Никитин Г.С., Михалев В.И. Роль отрицательного энергетического баланса у коров после отела в патогенезе воспаления матки. *Международный вестник ветеринарии*. 2022; (1): 185–197.
<https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2022.1.185>
83. Huzzey J.M., Duffield T.F., LeBlanc S.J., Veira D.M., Weary D.M., von Keyserlingk M.A.G. Short communication: Haptoglobin as an early indicator of metritis. *Journal of Dairy Science*. 2009; 92(2): 621–625.
<https://doi.org/10.3168/jds.2008-1526>
84. Назаров М.В., Казаринов В.А. Факторы риска развития метрита у коров. *Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов. Сборник тезисов по материалам V Международной конференции. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина*. 2020; 25.
<https://elibrary.ru/aqpgaa>
85. Williams E.J. et al. The relationship between uterine pathogen growth density and ovarian function in the postpartum dairy cow. *Theriogenology*. 2007; 68(4): 549–559.
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.04.056>
86. Eckersall P.D. Recent advances and future prospects for the use of acute phase proteins as markers of disease in animals. *Revue de medecine veterinaire*. 2000; 151(7): 577–584.
87. Burfeind O., Sannmann I., Voigtsberger R., Heuwieser W. Receiver operating characteristic curve analysis to determine the diagnostic performance of serum haptoglobin concentration for the diagnosis of acute puerperal metritis in dairy cows. *Animal Reproduction Science*. 2014; 149(3–4): 145–151.
<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2014.07.020>
88. Ceciliani F., Ceron J.J., Eckersall P.D., Sauerwein H. Acute phase proteins in ruminants. *Journal of Proteomics*. 2012; 75(14): 4207–4231.
<https://doi.org/10.1016/j.jprot.2012.04.004>
89. Nightingale C.R., Sellers M.D., Ballou M.A. Elevated plasma haptoglobin concentrations following parturition are associated with elevated leukocyte responses and decreased subsequent reproductive efficiency in multiparous Holstein dairy cows. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 2015; 164(1–2): 16–23.
<https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2014.12.016>
90. LeBlanc S.J., Osawa T., Dubuc J. Reproductive tract defense and disease in postpartum dairy cows. *Theriogenology*. 2011; 76(9): 1610–1618.
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.07.017>
73. Handelsman J. Metagenomics: Application of Genomics to Uncultured Microorganisms. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 2004; 68(4): 669–685.
<https://doi.org/10.1128/mmbr.68.4.669-685.2004>
74. Lutsay V.I., Soloshenko N.Yu., Nefedov A.M., Sibirtsev V.D., Rudenko A.A., Rudenko P.A. Microbial landscape in acute purulent-catarrhal postpartum endometritis in cows. *Agrarian science*. 2024; (3): 66–71 (in Russian).
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-380-3-66-71>
75. Abdel-Latif M.A. et al. Impact of Supplementing Propylene Glycol and Calcium Propionate to Primiparous Buffalo Cows During the Late Gestation and Early Lactation Period on Reproductive Performance and Metabolic Parameters. *Alexandria Journal of Veterinary Sciences*. 2016; 51(1): 114–121.
<https://doi.org/10.5455/ajvs.240341>
76. Nezhdanov A.G., Shabunin S.V., Mikhalev V.I., Filin V.V., Skorikov V.N. Postpartum metritis in dairy cows. *Veterinary medicine*. 2016; (8): 3–10 (in Russian).
<https://elibrary.ru/wjczdn>
77. Adnane M., Kaidi R., Hanzen C., England G.C.W. Risk factors of clinical and subclinical endometritis in cattle: a review. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*. 2017; 41(1): 1–11.
<https://doi.org/10.3906/vet.1603-63>
78. Dawod A., Min B.R. Effect of puerperal metritis on Holstein cows productive, reproductive variables and culling rates. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*. 2014; 9(3): 162–169.
<https://doi.org/10.3844/ajavsp.2014.162.169>
79. Benzaquen M.E., Risco C.A., Archbald L.F., Melendez P., Thatcher M.-J., Thatcher W.W. Rectal Temperature, Calving-Related Factors, and the Incidence of Puerperal Metritis in Postpartum Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 2007; 90(6): 2804–2814.
<https://doi.org/10.3168/jds.2006-482>
80. Kumari S., Kumaresan A., Patbandha T.K., Ravi S.K. Risk Factors for Metritis and Its Effect on Productive and Reproductive Performance in Dairy Cattle and Buffaloes. *Agricultural Research*. 2016; 5(1): 72–80.
<https://doi.org/10.1007/s40003-015-0183-5>
81. Yáñez U., Herradón P.G., Becerra J.J., Peña A.I., Quintela L.A. Relationship between Postpartum Metabolic Status and Subclinical Endometritis in Dairy Cattle. *Animals*. 2022; 12(3): 242.
<https://doi.org/10.3390/ani12030242>
82. Loshchinin S.O., Avdeenko V.S., Firsov G.M., Plemyashov K.V., Nikitin G.S., Mikhalev V.I. The role of a negative energy balance in cows after calving in the pathogenesis of uterine inflammation. *International Journal of Veterinary Medicine*. 2022; (1): 185–197 (in Russian).
<https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2022.1.185>
83. Huzzey J.M., Duffield T.F., LeBlanc S.J., Veira D.M., Weary D.M., von Keyserlingk M.A.G. Short communication: Haptoglobin as an early indicator of metritis. *Journal of Dairy Science*. 2009; 92(2): 621–625.
<https://doi.org/10.3168/jds.2008-1526>
84. Nazarov M.V., Kazarinov V.A. Risk factors for metritis in cows. *Institutional transformations of the Russian agro-industrial complex in the context of global challenges. Collection of abstracts based on the materials of the V International Conference*. Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin. 2020; 25 (in Russian).
<https://elibrary.ru/aqpgaa>
85. Williams E.J. et al. The relationship between uterine pathogen growth density and ovarian function in the postpartum dairy cow. *Theriogenology*. 2007; 68(4): 549–559.
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.04.056>
86. Eckersall P.D. Recent advances and future prospects for the use of acute phase proteins as markers of disease in animals. *Revue de medecine veterinaire*. 2000; 151(7): 577–584.
87. Burfeind O., Sannmann I., Voigtsberger R., Heuwieser W. Receiver operating characteristic curve analysis to determine the diagnostic performance of serum haptoglobin concentration for the diagnosis of acute puerperal metritis in dairy cows. *Animal Reproduction Science*. 2014; 149(3–4): 145–151.
<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2014.07.020>
88. Ceciliani F., Ceron J.J., Eckersall P.D., Sauerwein H. Acute phase proteins in ruminants. *Journal of Proteomics*. 2012; 75(14): 4207–4231.
<https://doi.org/10.1016/j.jprot.2012.04.004>
89. Nightingale C.R., Sellers M.D., Ballou M.A. Elevated plasma haptoglobin concentrations following parturition are associated with elevated leukocyte responses and decreased subsequent reproductive efficiency in multiparous Holstein dairy cows. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 2015; 164(1–2): 16–23.
<https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2014.12.016>
90. LeBlanc S.J., Osawa T., Dubuc J. Reproductive tract defense and disease in postpartum dairy cows. *Theriogenology*. 2011; 76(9): 1610–1618.
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.07.017>

91. Красочко П.А., Снитко Т.В., Черных О.Ю. Повышение эффективности лечения коров, больных послеродовым эндометритом, с помощью аспарагиновой кислоты. *Аграрная наука*. 2021; (4S): 53–55. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-347-4-53-55>
92. Фролова Е.М., Абилов А.И., Ерин С.Н. Эффективность применения нового протокола для профилактики послеродовых осложнений у коров-первотелок голштейнской породы. *Генетика и разведение животных*. 2020; (3): 91–98. <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2020-3-91-98>
93. Hotamisligil G.S., Erbay E. Nutrient sensing and inflammation in metabolic diseases. *Nature Reviews Immunology*. 2008; 8(12): 923–934. <https://doi.org/10.1038/nri2449>
94. Majeed A.F., Aboud Q.M., Hassan M.S., Muhammad A.Y. Retained fetal membranes in Friesian-Holstein cows and effect of some treatment methods. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*. 2009; 23(S1): 5–8.
95. Opsomer G., de Kruif A. Metritis and endometritis in high yielding dairy cows. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*. 2009; 78: 2.
96. Gustafsson H., Kornmatitsuk B., Königsson K., Kindahl H. Peripartum and early post-partum in the cow physiology and pathology. *Medecin Veterinaire du Quebec*. 2004; 34(1–2): 64–65.
97. Potter T.J., Guitian J., Fishwick J., Gordon P.J., Sheldon I.M. Risk factors for clinical endometritis in postpartum dairy cattle. *Theriogenology*. 2010; 74(1): 127–134. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2010.01.023>
98. Zhang G., Ametaj B.N. Ketosis an Old Story Under a New Approach. *Dairy*. 2020; 1(1): 42–60. <https://doi.org/10.3390/dairy1010005>
99. Baticz O., Tömösközi S., Vida L. Concentrations of citrate and ketone bodies in cow's raw milk. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*. 2002; 46(1–2): 93–104.
100. Knowlton K.F., Dawson T.E., Glenn B.P., Huntington G.B., Erdman R.A. Glucose Metabolism and Milk Yield of Cows Infused Abomasally or Ruminal with Starch. *Journal of Dairy Science*. 1998; 81(12): 3248–3258. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75889-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75889-8)
101. Ковалев С.П., Киселенко П.С., Трушкин В.А., Никитина А.А. Показатели крови у больных кетозом коров. Актуальные проблемы инновационного развития животноводства. Международная научно-практическая конференция. Брянск: Брянский государственный аграрный университет. 2019; 86–89. <https://elibrary.ru/Irzusy>
102. Baćić G., Karadjole T., Mačesić N., Karadjole M. A brief review of etiology and nutritional prevention of metabolic disorders in dairy cattle. *Veterinarski arhiv*. 2007; 77(6): 567–577.
103. McDonald C.J., Blankenheim Z.J., Drewes L.R. Brain Endothelial Cells: Metabolic Flux and Energy Metabolism. Cader Z., Neuhaus W. (eds.). *Physiology, Pharmacology and Pathology of the Blood-Brain Barrier*. Cham: Springer. 2021; 59–79. https://doi.org/10.1007/164_2021_494
104. Raboisson D., Mounié M., Maigné E. Diseases, reproductive performance, and changes in milk production associated with subclinical ketosis in dairy cows: A meta-analysis and review. *Journal of Dairy Science*. 2014; 97(12): 7547–7563. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8237>
105. Đoković R. et al. Diagnosis of subclinical ketosis in dairy cows. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 2019; 35(2): 111–125. <https://doi.org/10.2298/BAH1902111D>
106. Турлюн В.И. Внедрение экспресс-методов определения кетоза у коров в технологический процесс производства молока. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2019; 54: 97–102. <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2019-11097>
107. Benedet A., Manuelaian C.L., Zidi A., Penasa M., De Marchi M. Invited review: β-hydroxybutyrate concentration in blood and milk and its associations with cow performance. *Animal*. 2019; 13(8): 1676–1689. <https://doi.org/10.1017/S175173111900034X>
108. Suthar V.S., Canelas-Raposo J., Deniz A., Heuwieser W. Prevalence of subclinical ketosis and relationships with postpartum diseases in European dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2013; 96(5): 2925–2938. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6035>
109. Gordon J.L., LeBlanc S.J., Duffield T.F. Ketosis Treatment in Lactating Dairy Cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2013; 29(2): 433–445. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2013.03.001>
110. Oetzel G.R. Herd-Level Ketosis — Diagnosis and Risk Factors. *Preconference Seminar 7C: Dairy Herd Problem Investigation Strategies: Transition Cow Troubleshooting, American Association of Bovine Practitioners 40th Annual Conference*. 2007; 67–91.
91. Krasochko P.A., Snitko T.V., Chernykh O.Yu. Increasing the efficiency of treatment of cows with post-birth endometritis using asparagine acid. *Agrarian science*. 2021; (4S): 53–55 (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-347-4-53-55>
92. Frolova E.M., Abilov A.I., Erin S.N. Cost-effectiveness implementation of the new protocol for prevention of after calving complications in first-calf heifers. *Genetics and breeding of animals*. 2020; (3): 91–98 (in Russian). <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2020-3-91-98>
93. Hotamisligil G.S., Erbay E. Nutrient sensing and inflammation in metabolic diseases. *Nature Reviews Immunology*. 2008; 8(12): 923–934. <https://doi.org/10.1038/nri2449>
94. Majeed A.F., Aboud Q.M., Hassan M.S., Muhammad A.Y. Retained fetal membranes in Friesian-Holstein cows and effect of some treatment methods. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*. 2009; 23(S1): 5–8.
95. Opsomer G., de Kruif A. Metritis and endometritis in high yielding dairy cows. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*. 2009; 78: 2.
96. Gustafsson H., Kornmatitsuk B., Königsson K., Kindahl H. Peripartum and early post-partum in the cow physiology and pathology. *Medecin Veterinaire du Quebec*. 2004; 34(1–2): 64–65.
97. Potter T.J., Guitian J., Fishwick J., Gordon P.J., Sheldon I.M. Risk factors for clinical endometritis in postpartum dairy cattle. *Theriogenology*. 2010; 74(1): 127–134. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2010.01.023>
98. Zhang G., Ametaj B.N. Ketosis an Old Story Under a New Approach. *Dairy*. 2020; 1(1): 42–60. <https://doi.org/10.3390/dairy1010005>
99. Baticz O., Tömösközi S., Vida L. Concentrations of citrate and ketone bodies in cow's raw milk. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*. 2002; 46(1–2): 93–104.
100. Knowlton K.F., Dawson T.E., Glenn B.P., Huntington G.B., Erdman R.A. Glucose Metabolism and Milk Yield of Cows Infused Abomasally or Ruminal with Starch. *Journal of Dairy Science*. 1998; 81(12): 3248–3258. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75889-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75889-8)
101. Kovalev S.P., Kiseleiko P.S., Trushkin V.A., Nikitina A.A. Blood counts in patients with ketosis cows. *Actual problems of innovative development of animal husbandry. International scientific and practical conference*. Bryansk: Bryansk State Agrarian University. 2019; 86–89 (in Russian). <https://elibrary.ru/Irzusy>
102. Baćić G., Karadjole T., Mačesić N., Karadjole M. A brief review of etiology and nutritional prevention of metabolic disorders in dairy cattle. *Veterinarski arhiv*. 2007; 77(6): 567–577.
103. McDonald C.J., Blankenheim Z.J., Drewes L.R. Brain Endothelial Cells: Metabolic Flux and Energy Metabolism. Cader Z., Neuhaus W. (eds.). *Physiology, Pharmacology and Pathology of the Blood-Brain Barrier*. Cham: Springer. 2021; 59–79. https://doi.org/10.1007/164_2021_494
104. Raboisson D., Mounié M., Maigné E. Diseases, reproductive performance, and changes in milk production associated with subclinical ketosis in dairy cows: A meta-analysis and review. *Journal of Dairy Science*. 2014; 97(12): 7547–7563. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8237>
105. Đoković R. et al. Diagnosis of subclinical ketosis in dairy cows. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 2019; 35(2): 111–125. <https://doi.org/10.2298/BAH1902111D>
106. Turlyun V.I. Implementing of express-methods for determining cows ketosis into the milk technology process. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2019; 54: 97–102 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/2078-1318-2019-11097>
107. Benedet A., Manuelaian C.L., Zidi A., Penasa M., De Marchi M. Invited review: β-hydroxybutyrate concentration in blood and milk and its associations with cow performance. *Animal*. 2019; 13(8): 1676–1689. <https://doi.org/10.1017/S175173111900034X>
108. Suthar V.S., Canelas-Raposo J., Deniz A., Heuwieser W. Prevalence of subclinical ketosis and relationships with postpartum diseases in European dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2013; 96(5): 2925–2938. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6035>
109. Gordon J.L., LeBlanc S.J., Duffield T.F. Ketosis Treatment in Lactating Dairy Cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 2013; 29(2): 433–445. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2013.03.001>
110. Oetzel G.R. Herd-Level Ketosis — Diagnosis and Risk Factors. *Preconference Seminar 7C: Dairy Herd Problem Investigation Strategies: Transition Cow Troubleshooting, American Association of Bovine Practitioners 40th Annual Conference*. 2007; 67–91.

111. Guliński P. Ketone bodies — causes and effects of their increased presence in cows' body fluids: A review. *Veterinary World*. 2021; 14(6): 1492–1503.
<https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.1492-1503>
112. Lei M.A.C., Simões J. Invited Review: Ketosis Diagnosis and Monitoring in High-Producing Dairy Cows. *Dairy*. 2021; 2(2): 303–325.
<https://doi.org/10.3390/dairy2020025>
113. Cainzos J.M., Andreu-Vazquez C., Guadagnini M., Rijpert-Duvivier A., Duffield T. A systematic review of the cost of ketosis in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2022; 105(7): 6175–6195.
<https://doi.org/10.3168/jds.2021-21539>
114. Pickett M.M., Piepenbrink M.S., Overton T.R. Effects of Propylene Glycol or Fat Drench on Plasma Metabolites, Liver Composition, and Production of Dairy Cows During the Periparturient Period. *Journal of Dairy Science*. 2003; 86(6): 2113–2121.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73801-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73801-6)
115. McArt J.A.A., Nydam D.V., Ospina P.A., Oetzel G.R. A field trial on the effect of propylene glycol on milk yield and resolution of ketosis in fresh cows diagnosed with subclinical ketosis. *Journal of Dairy Science*. 2011; 94(12): 6011–6020.
<https://doi.org/10.3168/jds.2011-4463>
116. Saradhi K.P., Sandilya A., Sravya R.N.S., Vijayalakshmi P. Ketosis in dairy cattle: A comprehensive review. *International Journal of Advanced Biochemistry Research*. 2024; 8(12): 1008–1015.
<https://doi.org/10.33545/26174693.2024.v8.i12Sm.3264>
117. Nordlund K.V. Creating the Physical Environment for Transition Cow Success. *American Association of Bovine Practitioners Conference Proceedings*. 2010; 43: 100–104.
<https://doi.org/10.21423/aabppro20104090>
118. West J.W. Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. 2003; 86(6): 2131–2144.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73803-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X)
119. Rutten C.J., Velthuis A.G.J., Steeneveld W., Hogeveen H. Invited review: Sensors to support health management on dairy farms. *Journal of Dairy Science*. 2013; 96(4): 1928–1952.
<https://doi.org/10.3168/jds.2012-6107>
111. Guliński P. Ketone bodies — causes and effects of their increased presence in cows' body fluids: A review. *Veterinary World*. 2021; 14(6): 1492–1503.
<https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.1492-1503>
112. Lei M.A.C., Simões J. Invited Review: Ketosis Diagnosis and Monitoring in High-Producing Dairy Cows. *Dairy*. 2021; 2(2): 303–325.
<https://doi.org/10.3390/dairy2020025>
113. Cainzos J.M., Andreu-Vazquez C., Guadagnini M., Rijpert-Duvivier A., Duffield T. A systematic review of the cost of ketosis in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 2022; 105(7): 6175–6195.
<https://doi.org/10.3168/jds.2021-21539>
114. Pickett M.M., Piepenbrink M.S., Overton T.R. Effects of Propylene Glycol or Fat Drench on Plasma Metabolites, Liver Composition, and Production of Dairy Cows During the Periparturient Period. *Journal of Dairy Science*. 2003; 86(6): 2113–2121.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73801-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73801-6)
115. McArt J.A.A., Nydam D.V., Ospina P.A., Oetzel G.R. A field trial on the effect of propylene glycol on milk yield and resolution of ketosis in fresh cows diagnosed with subclinical ketosis. *Journal of Dairy Science*. 2011; 94(12): 6011–6020.
<https://doi.org/10.3168/jds.2011-4463>
116. Saradhi K.P., Sandilya A., Sravya R.N.S., Vijayalakshmi P. Ketosis in dairy cattle: A comprehensive review. *International Journal of Advanced Biochemistry Research*. 2024; 8(12): 1008–1015.
<https://doi.org/10.33545/26174693.2024.v8.i12Sm.3264>
117. Nordlund K.V. Creating the Physical Environment for Transition Cow Success. *American Association of Bovine Practitioners Conference Proceedings*. 2010; 43: 100–104.
<https://doi.org/10.21423/aabppro20104090>
118. West J.W. Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. 2003; 86(6): 2131–2144.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73803-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X)
119. Rutten C.J., Velthuis A.G.J., Steeneveld W., Hogeveen H. Invited review: Sensors to support health management on dairy farms. *Journal of Dairy Science*. 2013; 96(4): 1928–1952.
<https://doi.org/10.3168/jds.2012-6107>

ОБ АВТОРАХ

Анна Владимировна Устименко¹

аспирант
 anna-ustimenko94@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0001-3839-4469>

Ахмедага Имаш оглы Абилов¹

доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, главный научный сотрудник
 ahmed.abilov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6236-8634>

Пётр Львович Козменков²

кандидат биологических наук,
 руководитель отдела научного планирования
 plk@altann.ru
<https://orcid.org/0009-0009-7504-348X>

¹Федеральный исследовательский центр
 животноводства — ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста,
 пос. Дубровицы, 60, г. о. Подольск, Московская обл.,
 142132, Россия

²ООО «Альта НН»,
 ул. Невская, 19А, Нижний Новгород, 603009, Россия

ABOUT THE AUTHORS

Anna Vladimirovna Ustimenko¹

Graduate Student
 anna-ustimenko94@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0001-3839-4469>

Ahmedaga Imash Abilov¹

Doctor of Biological Sciences, Professor,
 Honored Scientist of the Russian Federation,
 Chief Researcher
 ahmed.abilov@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6236-8634>

Peter Lvovich Kozmenkov²

Candidate of Biological Sciences,
 Head of the Scientific Planning Department
 plk@altann.ru
<https://orcid.org/0009-0009-7504-348X>

¹L.K. Ernst Federal Research Center for Animal

Husbandry,
 60 Dubrovitsy, Podolsk Municipal District, Moscow Region,
 142132, Russia

²Alta NN LLC,
 19A Nevskaya Str., Nizhny Novgorod, 603009, Russia