

619[577.125:577.124]618.2:636.2

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-370-5-22-26

Г.А. Востроилова,
И.Т. Шапошников,
Ю.Н. Бригадиров,
М.С. Жуков,
Н.А. Хохлова, ✉
Г.Г. Чусова

Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, Воронеж, Россия

✉ nina_xoxlova@mail.ru

Поступила в редакцию:
25.01.2023

Одобрена после рецензирования:
30.03.2023

Принята к публикации:
14.04.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-370-5-22-26

Galina A. Vostroilova,
Ivan T. Shaposhnikov,
Yuriy N. Brigadirov,
Maksim S. Zhukov,
Nina A. Khokhlova, ✉
Galina G. Chusova

All-Russian Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Voronezh, Russia

✉ nina_xoxlova@mail.ru

Received by the editorial office:
25.01.2023

Accepted in revised:
30.03.2023

Accepted for publication:
14.04.2023

Динамика углеводного и липидного обмена у коров с разным клиническим состоянием во время беременности

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Известно, что среди коров имеется широкое распространение анемий и патологий, сопровождающихся хроническим воспалением. Анемия, как и хроническое воспаление, приводит к нарушениям, которые вносят вклад в метаболические изменения во время беременности у коров и имеют свои особенности. Цель работы — изучение влияния сроков беременности на углеводный и липидный обмен коров с синдромом анемии и хронического системного воспаления.

Методы. В условиях животноводческого комплекса были проведены исследования на коровах ($n = 30$) красно-пестрой породы со сроком стельности 150–160 дней. На основании клинико-лабораторного обследования животные были разделены на три группы: 1-я ($n = 15$) — здоровые, 2-я ($n = 8$) — с гипохромной микроцитарной анемией, 3-я ($n = 7$) — с синдромом хронического системного воспаления низкой степени интенсивности. Проводили отбор крови на 150–160-й, 210–220-й и 260–265-й дни стельности для определения уровня общих липидов, холестерина, триглицеридов, глюкозы, молочной и пировиноградной кислоты.

Результаты. Уровень общих липидов и глюкозы имеет достоверную ($p < 0,05$) обратную, а уровень пировиноградной кислоты — достоверную прямую корреляционную связь заметной и высокой силы по шкале Чеддока с увеличением срока стельности во всех группах. Наличие анемии или синдрома хронического системного воспаления низкой степени интенсивности в транзитный период создает риски метаболических сбоев, которые проявляются снижением интенсивности депонирования триглицеридов на 31,0–34,5% ($p < 0,05$) и появлением склонности к отрицательному энергетическому балансу.

Ключевые слова: коровы, беременность, углеводный обмен, липидный обмен, анемия, хроническое воспаление, биохимия крови

Для цитирования: Востроилова Г.А., Шапошников И.Т., Бригадиров Ю.Н., Жуков М.С., Хохлова Н.А., Чусова Г.Г. Динамика углеводного и липидного обмена у коров с разным клиническим состоянием во время беременности. *Аграрная наука*. 2023; 370(5): 22–26, <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-370-5-22-26>

© Востроилова Г.А., Шапошников И.Т., Бригадиров Ю.Н., Жуков М.С., Хохлова Н.А., Чусова Г.Г.

Dynamics of carbohydrate and lipid metabolism in cows with various clinical states during gestation

ABSTRACT

Relevance. It is known that among cows there is a wide spread of anemia and pathologies accompanied by chronic inflammation. Anemia, like chronic inflammation, leads to disorders that contribute to metabolic changes during pregnancy in cows and have their own characteristics. The aim of the work is to study the effect of pregnancy on carbohydrate and lipid metabolism of cows with anemia syndrome and chronic systemic inflammation.

Methods. In the conditions of the livestock complex, studies were conducted on cows ($n = 30$) of a red-mottled breed with a pregnancy period of 150–160 days. Based on clinical and laboratory examination, the animals were divided into three groups: 1st ($n = 15$) — healthy, 2nd ($n = 8$) — with hypochromic microcytic anemia, 3rd ($n = 7$) — with low-intensity chronic systemic inflammation syndrome. Blood sampling was performed on the 150–160th, 210–220th and 260–265th days of pregnancy to determine the level of total lipids, cholesterol, triglycerides, glucose, lactic and pyruvic acid.

Results. The levels of total lipids and glucose have a significant ($p < 0.05$) inverse and the level of pyruvic acid has a significant direct correlation of noticeable and high strength according to the Chaddock scale with an increase in the duration of gestation in all studied groups. The presence of anemia or chronic systemic inflammation syndrome of low intensity in the transient period creates risks of metabolic failures, which are manifested by a decrease in the intensity of triglyceride deposition by 31.0–34.5% ($p < 0.05$) and the appearance of a tendency to a negative energy balance.

Key words: cows, gestation, carbohydrate metabolism, lipid metabolism, anemia, chronic inflammation, blood biochemistry

For citation: Vostroilova G.A., Shaposhnikov I.T., Brigadirov Yu.N., Zhukov M.S., Khokhlova N.A., Chusova G.G. Peculiarities of energy metabolism in cows with various clinical states during gestation. *Agrarian science*. 2023; 370(5): 22–26, <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-370-5-22-26> (In Russian).

© Vostroilova G.A., Shaposhnikov I.T., Brigadirov Yu.N., Zhukov M.S., Khokhlova N.A., Chusova G.G.

Введение/Introduction

Одним из основных факторов, лимитирующих продуктивность и продолжительность жизни коров, является интенсивность обменных процессов, происходящих в их организме. В соответствии с этим проведение мониторинговых исследований биохимического статуса у молочных коров имеет прикладное значение с целью своевременного выявления метаболических сбоев, их коррекции и сохранения продуктивного здоровья. При этом известно, что гомеостатический контроль метаболизма заметно меняется в течение всего периода беременности и зависит от воздействия эндокринной системы, которая регулирует метаболизм глюкозы и липидов, чтобы обеспечить распределение питательных веществ [1]. Наиболее критическим для коров является переходный период беременности (сухостойный), в течение которого происходит восстановление организма после напряженной лактации и одновременно осуществляется подготовка к следующей [2]. При этом организм коровы претерпевает множество физиологических изменений, сопровождающихся напряжением функциональных систем и перестройкой метаболизма, в частности углеводного и липидного обмена, в результате чего может возникать отрицательный энергетический баланс [3].

Известно, что болезни системы крови имеют широкое распространение, среди которых наиболее часто встречается анемия. Данная патология развивается как у телят, так и у взрослого скота на фоне ранее перенесенных заболеваний или при неполноценном кормлении, неправильном содержании и эксплуатации сухостойных и дойных коров [4–6]. Поскольку при беременности потребление кислорода увеличивается, в организме коров на фоне анемии возникает прогрессирующая гипоксия, которая способна приводить к возникновению вторичных метаболических расстройств углеводного и липидного обмена. Вместе с этим достаточно широкое распространение среди коров имеют хронические болезни конечностей, матки, молочной железы и др. [7–9]. Хронический воспалительный процесс всегда связан с активацией врожденной иммунной системы и характеризуется повышенным уровнем циркулирующих воспалительных цитокинов, которые играют решающую роль в иммунитете и обмене веществ. Имеются сообщения, что воспаление связано с метаболическими нарушениями. В. J. Bradford и соавторы сообщили, что введение низких доз экзогенного фактора некроза опухоли (ФНО- α) в течение семи дней снижало экспрессию гена глюконеогенеза в печени у коров [10]. Введение низких доз экзогенного ФНО- α в течение первых семи дней лактации снижало потребление корма и производство молока и имело тенденцию к ухудшению здоровья, но не оказывало существенного влияния на метаболизм глюкозы или липидов. Авторы отмечают, что в ответ на слабовыраженное воспаление коровы в начале лактации компенсируют повышение энергозатрат за счет подавления производства молока, а не дальнейшего нарушения их энергетического баланса или системного метаболизма [11].

Таким образом, гипотеза исследования заключается в том, что указанные выше патологические нарушения могут вносить вклад в метаболические изменения во время беременности и иметь свои особенности, что необходимо учитывать при клиническом сопровождении коров с подобными патологическими состояниями.

Цель работы — изучение влияния сроков беременности на углеводный и липидный обмен коров с синдромом анемии и хронического системного воспаления.

Материал и методы исследования/ Materials and method

Исследования проведены в условиях животноводческого комплекса, расположенного в Бобровском районе Воронежской области, в весенне-летний период 2022 года. В опыте были задействованы коровы красно-пестрой породы (голштинизированные) 2–3-й лактации и сроком беременности 150–160 дней. Беременность устанавливалась методом эхографического исследования, который выполнялся с помощью сканера EasyScan, оборудованного линейным датчиком с частотой 7,5 МГц. Средняя упитанность коров составляла $3,6 \pm 0,27$ балла, а продуктивность — $23,6 \pm 0,81$ кг молока в сутки. Животные были разделены на три группы: 1-я ($n = 15$) — здоровые коровы, 2-я ($n = 8$) — коровы с гипохромной микроцитарной анемией, 3-я ($n = 7$) — коровы с синдромом хронического системного воспаления низкой степени интенсивности. Животные были признаны условно здоровыми по результатам их клинико-лабораторного обследования, которое включало клинический осмотр, гематологический и биохимический анализ крови. Диагноз «гипохромная микроцитарная анемия» устанавливался при выявлении уровня эритроцитарных показателей ниже минимальной границы референсного диапазона: для гемоглобина менее 90 г/л, среднего содержания гемоглобина в эритроците (MCH) ниже 16,8 пг и среднего объема эритроцита (MCV) ниже $49,5 \text{ мкм}^3$ [12].

Синдром хронического системного воспаления низкой степени интенсивности определяли при выявлении незначительного увеличения содержания циркулирующих противовоспалительных цитокинов (ИЛ-1 β , ФНО- α и ИЛ-2) относительно группы здоровых коров методом иммуноферментативного анализа, который проводился на анализаторе иммуноферментативных реакций АИФР-01 УНИПЛАНтм (ЗАО «ПИКОН», Россия).

Коровы находились на беспривязном содержании и получали полноценный рацион. У всех задействованных в исследовании животных производился отбор крови на 150–160-й, 210–220-й и 260–265-й день беременности. Кровь отбирали через шесть часов после кормления из хвостовой вены с помощью вакуумной системы забора крови в пробирки с активатором свертываемости крови SiO₂ (Chengdu Puth Medical Plastics Packaging Co., Ltd., Китай) для получения сыворотки крови. В сыворотке крови определяли уровень общих липидов, холестерина, триглицеридов, глюкозы, молочной и пировиноградной кислот колориметрическим методом с использованием коммерческих наборов фирмы АО «Витал Девелопмент Корпорэйшн» (Россия). Лабораторные исследования проводились на спектрофотометре Shimadzu UV-1700 (Япония) с соблюдением правил эксплуатации прибора.

Исследования осуществляли с учетом требований биоэтической комиссии ВНИВИПФит (Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, г. Воронеж, Россия).

Полученные экспериментальные данные подвергали статистической обработке с использованием пакета программ Statistica v6.1. Рассчитывали среднюю арифметическую (M) и стандартную ошибку средней (SE). Достоверность различия между выборками оценивали с помощью непараметрического критерия Манна — Уитни, так как регистры сравниваемых параметров не подчинялись закону нормального распределения, который определяется по критерию Колмагорова — Смирнова. При проверке статистических гипотез использовали 5%-ный уровень значимости. Для выявления особенностей влияния срока стельности на уровень изучаемых

показателей у коров с разным клиническим состоянием проводили непараметрический корреляционный анализ внутри каждой группы с определением коэффициента корреляции Спирмена (R_s).

Результаты и обсуждение/Results and discussion

Обследование коров во втором триместре беременности (150–160-й день) показало отсутствие видимых клинических признаков патологий. Однако лабораторные исследования крови позволили выявить у восьми коров (2-я группа) признаки гипохромной микроцитарной анемии, которые характеризовались пониженным уровнем гемоглобина, MCV, MCH относительно нижней границы нормы на 9,4%, 10,3% и 13,7% соответственно. Также у семи коров (3-я группа) было отмечено достоверное увеличение уровня провоспалительных интерлейкинов по сравнению с показателями здоровых коров: ИЛ-1 β был выше в два раза ($3,2 \pm 0,16$ против $6,6 \pm 0,47$ пг/мл), а ФНО- α и ИЛ-2 были увеличены на 88,5% ($2,6 \pm 0,06$ против $4,9 \pm 0,37$ пг/мл) и 81,3% ($3,2 \pm 0,17$ против $5,8 \pm 0,19$ пг/мл) соответственно. При этом необходимо отметить, что у животных отсутствовали признаки острого системного воспаления. Исследование биохимического профиля показало, что у коров всех обследуемых групп большинство изучаемых показателей не выходило за пределы референсных значений [13]. Исключением являлся уровень триглицеридов у коров с гипохромной микроцитарной анемией, который был ниже на 28,0%, чем у здоровых животных, и ниже 0,25 мМ/л от границы нормы. Уровень пировиноградной кислоты при этом был выше, чем в 1-й группе, на 14,3%.

Повторный анализ крови через 60 дней показал, что у коров из 1-й группы снизился уровень общих липидов и холестерина на 22,2% и 18,2% соответственно, однако количество триглицеридов при этом достоверно не изменялось. Помимо снижения уровня липидов, были отмечены уменьшение содержания глюкозы на 18,2% и увеличение количества пировиноградной кислоты на 5,0%. У животных из 2-й группы уровень общих липидов

и глюкозы снизился на 21,4% и 21,2% соответственно, а количество триглицеридов стало ниже уровня у здоровых животных на 33,3%. В 3-й группе также наблюдали уменьшение количества общих липидов и глюкозы, соответственно, на 15,0% и 15,2% и снижение уровня триглицеридов на 28,6%, что меньше аналогичного показателя у животных 1-й группы на 37,5%.

Во второй половине третьего триместра беременности (260–265-й день) у коров из 1-й группы уровень общих липидов, холестерина и глюкозы был ниже исходных значений на 40,7%, 26,1% и 30,3% соответственно, но при этом содержание триглицеридов было выше на 16,0%, а пировиноградной кислоты — в 2,5 раза. В то же время уровень глюкозы был меньше нижней границы на 30,3%, а уровень общих липидов находился на нижней границе референсного интервала. Аналогичный характер биохимических изменений наблюдался и в других исследуемых группах, но уровень триглицеридов при этом был ниже показателя здоровых коров во 2-й группе на 31,0%, в 3-й группе на 34,5% (табл. 1). Достоверных изменений уровня молочной кислоты отмечено не было, однако в 3-й группе наблюдалась положительная динамика, в результате которой среднее значение этого показателя увеличилось на 13,5% ко второй половине третьего триместра беременности.

Проведение корреляционного анализа изучаемых биохимических показателей позволило установить, что уровень общих липидов и глюкозы имеет достоверную обратную корреляционную связь заметной и высокой силы, а уровень пировиноградной кислоты — достоверную прямую корреляционную связь заметной и высокой силы по шкале Чеддока с увеличением срока стельности во всех изучаемых группах.

Таким образом, у условно здоровых коров во втором триместре беременности отсутствовали клинически значимые отклонения изучаемых показателей углеводного и липидного обмена, что указывает на сохранение динамического равновесия потребляемых и расходующихся энергетических субстратов. Однако в первой половине третьего триместра беременности начинают происходить изменения, характеризующиеся снижением количества глюкозы в сыворотке и увеличением содержания пировиноградной кислоты при сохранении уровня молочной кислоты. Также появляется тенденция к снижению уровня общих липидов и холестерина, основного источника желчных кислот, стероидных гормонов и витамина D₂. Данные изменения закономерны и согласуются с результатами ряда авторов [14–16]. Отмеченное изменение уровня глюкозы и холестерина, вероятно, обусловлено увеличением ее потребления для нужд развивающегося плода. Так, ряд авторов отмечают, что примерно 75% внутриутробного роста теленка, особенно жировой и мышечной ткани, приходится на последние два месяца беременности [17–19]. Помимо этого, исследователи сообщают, что в этот период происходит усиление секреции инсулина, что в сочетании с уменьшением уровня глюкозы подтверждает его ключевое значение в регулировании поглощения глюкозы периферическими клетками [1, 16, 20]. Это является причиной более низкого уровня глюкозы в крови

Таблица 1. Биохимические показатели коров с разным клиническим состоянием во время беременности

Table 1. Biochemical parameters of cows with different clinical condition during pregnancy

Показатели	Группа	Срок стельности, дни			Референсный интервал ^[13]	R_s
		150–160-й	210–220-й	260–265-й		
Общие липиды, г/л	I	$2,7 \pm 0,10$	$2,1 \pm 0,10^2$	$1,6 \pm 0,06^2$	1,4–5,5	-0,74*
	II	$2,8 \pm 0,18$	$2,2 \pm 0,14^2$	$1,8 \pm 0,12^2$		-0,67*
	III	$2,6 \pm 0,17$	$2,2 \pm 0,12^2$	$1,7 \pm 0,11^2$		-0,72*
Триглицериды, мМ/л	I	$0,25 \pm 0,008$	$0,24 \pm 0,004$	$0,29 \pm 0,019^2$	0,25–0,70	0,39
	II	$0,18 \pm 0,014^1$	$0,16 \pm 0,011^1$	$0,20 \pm 0,020^1$		0,11
	III	$0,21 \pm 0,014$	$0,15 \pm 0,011^{1,2}$	$0,19 \pm 0,022^1$		-0,16
Холестерин, мМ/л	I	$3,8 \pm 0,19$	$3,1 \pm 0,12^2$	$2,8 \pm 0,06^2$	2,0–5,5	-0,61*
	II	$3,8 \pm 0,33$	$3,3 \pm 0,28$	$2,8 \pm 0,26^2$		-0,40
	III	$3,4 \pm 0,33$	$3,6 \pm 0,33$	$2,9 \pm 0,27$		-0,35
Глюкоза, мМ/л	I	$3,3 \pm 0,18$	$2,7 \pm 0,08^2$	$2,3 \pm 0,18^2$	3,0–3,9	-0,79*
	II	$3,3 \pm 0,06$	$2,6 \pm 0,17^2$	$2,4 \pm 0,08^2$		-0,81*
	III	$3,3 \pm 0,10$	$2,8 \pm 0,08^2$	$2,6 \pm 0,19^2$		-0,58*
Молочная кислота, мМ/л	I	$0,78 \pm 0,055$	$0,71 \pm 0,043$	$0,71 \pm 0,056$	0,6–2,2	-0,26
	II	$0,82 \pm 0,065$	$0,69 \pm 0,044$	$0,81 \pm 0,044$		-0,13
	III	$0,74 \pm 0,040$	$0,80 \pm 0,047$	$0,84 \pm 0,053$		0,46*
Пировиноградная кислота, мкМ/л	I	$119,1 \pm 2,65$	$125,0 \pm 1,81^2$	$301,4 \pm 6,51^2$	80–200	0,58*
	II	$136,1 \pm 8,65^1$	$124,1 \pm 4,17$	$284,4 \pm 14,93^2$		0,89*
	III	$123,1 \pm 8,88$	$120,9 \pm 2,21$	$311,3 \pm 6,57^2$		0,67*

Примечание: ¹ $p < 0,05$ в сравнении с группой здоровых коров; ² $p < 0,05$ в сравнении с данными на 150–160-й день стельности;

* уровень достоверности $p < 0,05$.

во второй половине третьего триместра беременности. Вместе с этим происходит накопление триглицеридов, которые также являются энергетическими субстратами, что указывает на обеспеченность этих животных энергией. Таким образом, происходит накопление энергетических элементов, которые будут мобилизованы после отела в связи с повышением потребности в энергии в этот период, что соответствует главным задачам суходостойного периода — восстановлению живой массы коровы и накоплению резервов питательных веществ для будущей лактации [17].

У животных с гипохромной микроцитарной анемией и синдромом хронического системного воспаления низкой степени интенсивности динамика изучаемых показателей имела аналогичную направленность, что и у клинически здоровых коров, указывающую на физиологичность процесса. Однако необходимо отметить, что у них не наблюдалось восстановления уровня триглицеридов до уровня референсного диапазона ко второй половине третьего триместра беременности. В сочетании с этим у животных отмечалось низкое содержание глюкозы в сыворотке крови, а также сохранение и увеличение уровня молочной и пировиноградной кислоты, что указывает на недостаточность энергии и использования своих депонированных ресурсов путем липолиза в мышцах и печени [20, 21]. Таким образом,

у животных из данных групп не происходит накопления энергетических элементов, которые будут мобилизованы после отела. Недостаточное накопление создает риск раннего истощения и развития метаболических сбоев, которые могут сопровождаться накоплением кетоновых тел и развитием кетоза [22, 23].

Выводы / Conclusion

Исследования показали, что у коров во время беременности (независимо от клинического состояния) имеется единая динамика показателей углеводного и липидного обмена, отвечающих за обеспечение организма энергией. В переходный период коровы претерпевают множество физиологических изменений, ведущих к накоплению энергетических субстратов в организме. Однако наличие анемии или синдрома хронического системного воспаления низкой степени интенсивности создает риск метаболических сбоев, которые проявляются снижением интенсивности депонирования триглицеридов и появлением склонности к отрицательному энергетическому балансу. В соответствии с этим возникает необходимость проведения скрининговых исследований коров в суходостойный период с целью выявления коров из зоны риска развития метаболических сбоев и осуществления превентивных мер.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ:

Работа выполнена в соответствии с Государственным заданием по теме «Изучить роль цитокинов в этиопатогенезе коморбидных патологий молодняка крупного рогатого скота и разработать методологические подходы фармакокоррекции с использованием их эндогенных аналогов» (регистрационный номер НИОКТР в ЦИТИС 12011900508-7).

FUNDING:

The work was carried out in accordance with the State assignment on the topic «To study the role of cytokines in the etiopathogenesis of comorbid pathologies in young cattle and to develop methodological approaches for pharmacocorrection using their endogenous analogues». Registration number of RD&TW (research, development and technological work) in CIT&S 12011900508-7.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Fazio E. et al. Adaptive Responses of Thyroid Hormones, Insulin, and Glucose during Pregnancy and Lactation in Dairy Cows. *Animals*. 2022; 12(11): 1395. <https://doi.org/10.3390/ani12111395>
- Крупин Е.О., Шакиров Ш.К., Тагиров М.Ш. Динамика гематологических и некоторых биохимических показателей сыворотки крови у стельных сухостойных и новотельных коров. *Ветеринарный врач*. 2018; (4): 58–62. <https://www.elibrary.ru/xwbhgx>
- Taylor V.J., Beever D.E., Watches D.C. Physiological Adaptations to Milk Production that Affect the Fertility of High Yielding Dairy Cows. *BSAP Occasional Publication*. 2003; 29: 37–71. <https://doi.org/10.1017/S0263967X00040040>
- Скачков Д.В., Задолотных М.В., Конвай В.Д. Гипопластическая анемия телят, рожденных от высокопродуктивных коров: механизм развития, пути предотвращения. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2019; 237(1): 180–188. <https://doi.org/10.31588/2413-4201-1883-237-1-180-188>
- Рогов Р.В., Круглова Ю.С., Албулов А.И. Научное обоснование использования белкового гидролизата для коррекции анемии у высокопродуктивных коров. *Научные основы производства и обеспечения качества биологических препаратов для АПК. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию института*. Щелково. 2019; 286–291. <https://elibrary.ru/jczudq>
- Alekhin Y., Zhukov M., Morgunova V., Dronova Y. The effect of the red blood cell system disorders on the further development and productivity of holstein calves that had had bronchopneumonia. *Veterinarski Arhiv*. 2021; 91(5): 473–481. <https://doi.org/10.24099/VET.ARHIIV.1079>
- Бондарев И.В., Михалёв В.И. Распространение хронических заболеваний матки у коров и их диагностика. *Ветеринарный фармакологический вестник*. 2019; 2(7): 62–67. <https://doi.org/10.17238/issn2541-8203.2019.2.62>
- Издеспкий А.В. Изменения некоторых показателей перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты при хронических воспалительных процессах. *Вестник Донского государственного аграрного университета*. 2016; (3-1): 9–13. <https://elibrary.ru/xdrxrl>
- Лопарева Т.С. Лечение КРС с хроническим маститом. *Ветеринария сельскохозяйственных животных*. 2020; (3): 44–46. <https://elibrary.ru/pcjuik>
- Bradford B.J., Mamedova L.K., Minton J.E., Drouillard J.S., Johnson B.J. Daily Injection of Tumor Necrosis Factor- α Increases Hepatic Triglycerides and Alters Transcript Abundance of Metabolic Genes in Lactating Dairy Cattle. *The Journal of Nutrition*. 2009; 139(8): 1451–1456. <https://doi.org/10.3945/jn.109.108233>

REFERENCES

- Fazio E. et al. Adaptive Responses of Thyroid Hormones, Insulin, and Glucose during Pregnancy and Lactation in Dairy Cows. *Animals*. 2022; 12(11): 1395. <https://doi.org/10.3390/ani12111395>
- Krupin E.O., Shakirov Sh.K., Tagirov M.Sh. Dynamics of hematological and some biochemical indicators of blood serum in dry and fresh cows. *Veterinary Vrach*. 2018; (4): 58–62. (In Russian) <https://www.elibrary.ru/xwbhgx>
- Taylor V.J., Beever D.E., Watches D.C. Physiological Adaptations to Milk Production that Affect the Fertility of High Yielding Dairy Cows. *BSAP Occasional Publication*. 2003; 29: 37–71. <https://doi.org/10.1017/S0263967X00040040>
- Skachkov D.V., Zabolotnykh M.V., Conway V.D. Hypoplastic anemia in calves born from highly productive cows: mechanisms of development, ways of prevention. *Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2019; 237(1): 180–188. (In Russian) <https://doi.org/10.31588/2413-4201-1883-237-1-180-188>
- Rogov R.V., Kruglova Yu.S., Albulov A.I. Scientific substantiation of the use of protein hydrolyzate for the correction of anemia in high yielding cows. *Scientific basis for the production and quality assurance of biological drugs for the agroindustrial complex. Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the 50th anniversary of the Institute*. Shchelkovo. 2019; 286–291. (In Russian) <https://elibrary.ru/jczudq>
- Alekhin Y., Zhukov M., Morgunova V., Dronova Y. The effect of the red blood cell system disorders on the further development and productivity of holstein calves that had had bronchopneumonia. *Veterinarski Arhiv*. 2021; 91(5): 473–481. <https://doi.org/10.24099/VET.ARHIIV.1079>
- Bondarev I.V., Mikhalev V.I. The extension of chronic uterine diseases in cows and their diagnostics. *Bulletin of Veterinary Pharmacology*. 2019; 2(7): 62–67. (In Russian) <https://doi.org/10.17238/issn2541-8203.2019.2.62>
- Izdspkiy A.V. Changes of some parameters of lipid peroxidation and antioxidant defense in chronic inflammatory processes in cattle. *Vestnik of Don State Agrarian University*. 2016; (3-1): 9–13. (In Russian) <https://elibrary.ru/xdrxrl>
- Lopareva T.S. Treatment of cattle with chronic mastitis. *Veterinariya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh*. 2020; (3): 44–46. (In Russian) <https://elibrary.ru/pcjuik>
- Bradford B.J., Mamedova L.K., Minton J.E., Drouillard J.S., Johnson B.J. Daily Injection of Tumor Necrosis Factor- α Increases Hepatic Triglycerides and Alters Transcript Abundance of Metabolic Genes in Lactating Dairy Cattle. *The Journal of Nutrition*. 2009; 139(8): 1451–1456. <https://doi.org/10.3945/jn.109.108233>

11. Yuan K., Farney J.K., Mamedova L.K., Sordillo L.M., Bradford B.J. TNF α Altered Inflammatory Responses, Impaired Health and Productivity, but Did Not Affect Glucose or Lipid Metabolism in Early-Lactation Dairy Cows. *PLoS ONE*. 2013; 8(11): e80316. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080316>
12. Шахов А.Г. и др. Методическое пособие по диагностике и профилактике нарушений антенатального и интранатального происхождения у телят. Воронеж: Истоки. 2013; 92. ISBN: 978-5-88242-990-3 <https://elibrary.ru/rzrzir>
13. Алексин Ю.Н. и др. Методические рекомендации по диагностике и терапии гепатопатий у крупного рогатого скота. Воронеж: Скоропечатня. 2009; 86. <https://elibrary.ru/vmpywf>
14. Громыко Е.В. Оценка состояния организма коров методами биохимии. *Экологический вестник Северного Кавказа*. 2005; 1(2): 80–94. <https://elibrary.ru/rwthfj>
15. Шамберев Ю.Н., Эртуев М.М., Прохоров И.П. Биохимические показатели крови у высокопродуктивных коров черно-пестрой породы. *Животноводство*. 1986; (4): 129–137. <https://elibrary.ru/wxlctf>
16. Милаева И.В., Воронина О.А., Зайцев С.Ю. Особенности метаболизма лактирующих коров. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2017; (2): 275–281. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2017-02.32>
17. Drackley J.K., Janovick Guretzky N.A. Controlled energy diets for dry cows. *Western Dairy Management Conference Proceedings*. 2007. Available at: <http://wdmc.org/2007/drackley.pdf>
18. Du M. et al. Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant animals. *Journal of Animal Science*. 2010; 88(suppl_13): E51–E60. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2311>
19. Robinson J.J., McDonald I., Fraser C., Crofts R.M.J. Studies on reproduction in prolific ewes. I. Growth of the products of conception. *Journal of Agricultural Science*. 1977; 88(3): 539–552. <https://doi.org/10.1017/S0021859600037229>
20. Dębski B., Nowicki T., Zalewski W., Bartoszewicz A., Twardoń J. Effect of Pregnancy and Stage of Lactation on Energy Processes in Isolated Blood Cells of Dairy Cows. *Journal of Veterinary Research*. 2017; 61(2): 211–215. <https://doi.org/10.1515/jvetres-2017-0027>
21. Афанасьева А.И., Бондырева Л.А., Сарычев В.А. Показатели углеводного и липидного обмена у скота герфордской породы канадской селекции при адаптации к условиям Алтайского края. *Вестник Алтайского аграрного университета*. 2016; (3): 111–115. <https://elibrary.ru/vssmtv>
22. Morgunova V.I., Kashirina L.N., Lebedeva A.Y. Состояние углеводного обмена у высокопродуктивных молочных коров с различной степенью тяжести кетоза. *Ветеринарный фармакологический вестник*. 2018; 1(2): 48–52. <https://elibrary.ru/usanye>
23. Алексин Ю.Н., Morgunova V.I., Каширина Л.Н., Суханова Ю.Е. Латентные нарушения метаболизма и риска развития патологии крови и печени в транзитный период у коров. *Ветеринарный фармакологический вестник*. 2019; (3): 105–116. <https://doi.org/10.17238/issn2541-8203.2019.3.105>
11. Yuan K., Farney J.K., Mamedova L.K., Sordillo L.M., Bradford B.J. TNF α Altered Inflammatory Responses, Impaired Health and Productivity, but Did Not Affect Glucose or Lipid Metabolism in Early-Lactation Dairy Cows. *PLoS ONE*. 2013; 8(11): e80316. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080316>
12. Shakhov A.G. et al. Methodological guide for the diagnosis and prevention of disorders of antenatal and intranatal origin in calves. *Voronezh: Istoki*. 2013; 92. (In Russian) ISBN: 978-5-88242-990-3 <https://elibrary.ru/rzrzir>
13. Alekhin Yu.N. et al. Methodical recommendations for the diagnosis and treatment of hepatopathies in cattle. *Voronezh: Skoropechatnya*. 2009; 86. (In Russian) <https://elibrary.ru/vmpywf>
14. Gromuiko E.V. Appreciation of cows' organism state by biochemical methods. *The North Caucasus Ecological Herald*. 2005; 1(2): 80–94. (In Russian) <https://elibrary.ru/rwthfj>
15. Shamberev Yu.N., Ertuev M.M., Prokhorov I.P. Biochemical blood indicators in high yielding Black-Motley. *Zhivotnovodstvo*. 1986; (4): 129–137. (In Russian) <https://elibrary.ru/wxlctf>
16. Milaeva I.V., Voronina O.A., Zaitsev S.Y. Features of the lactating cows' metabolism. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2017; (2): 275–281. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2017-02.32>
17. Drackley J.K., Janovick Guretzky N.A. Controlled energy diets for dry cows. *Western Dairy Management Conference Proceedings*. 2007. Available at: <http://wdmc.org/2007/drackley.pdf>
18. Du M. et al. Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant animals. *Journal of Animal Science*. 2010; 88(suppl_13): E51–E60. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2311>
19. Robinson J.J., McDonald I., Fraser C., Crofts R.M.J. Studies on reproduction in prolific ewes. I. Growth of the products of conception. *Journal of Agricultural Science*. 1977; 88(3): 539–552. <https://doi.org/10.1017/S0021859600037229>
20. Dębski B., Nowicki T., Zalewski W., Bartoszewicz A., Twardoń J. Effect of Pregnancy and Stage of Lactation on Energy Processes in Isolated Blood Cells of Dairy Cows. *Journal of Veterinary Research*. 2017; 61(2): 211–215. <https://doi.org/10.1515/jvetres-2017-0027>
21. Afanasyeva A.I., Bondyryeva L.A., Sarychev V.A. Carbohydrate and lipid metabolic indices in hereford cattle of Canadian and Siberian breeding in adapting to the conditions of the Altai Region. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2016; (3): 111–115. (In Russian) <https://elibrary.ru/vssmtv>
22. Morgunova V.I., Kashirina L.N., Lebedeva A.Y. State of carbohydrate metabolism in highly productive dairy cows with varying severity of ketosis. *Bulletin of Veterinary Pharmacology*. 2018; 1(2): 48–52. (In Russian) <https://elibrary.ru/usanye>
23. Alekhin Yu.N., Morgunova V.I., Kashirina L.N., Sukhanova Yu.E. Latent metabolic disorders and the risk of blood and liver pathology development during the transit period in cows. *Bulletin of Veterinary Pharmacology*. 2019; (3): 105–116. (In Russian) <https://doi.org/10.17238/issn2541-8203.2019.3.105>

ОБ АВТОРАХ:**Галина Анатольевна Востроилова,**

доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, ул. Ломоносова, д. 114Б, Воронеж, 394087, Россия gvostroilova@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-2960-038X>

Иван Тихонович Шапошников,

доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, ул. Ломоносова, д. 114Б, Воронеж, 394087, Россия 36011958@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-0190-9083>

Юрий Николаевич Бригадиров,

доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, ул. Ломоносова, д. 114Б, Воронеж, 394087, Россия icrsa@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-3804-1732>

Максим Сергеевич Жуков,

кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, ул. Ломоносова, д. 114Б, Воронеж, 394087, Россия maxim.zhukoff2015@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-9317-7344>

Нина Алексеевна Хохлова,

кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, ул. Ломоносова, д. 114Б, Воронеж, 394087, Россия nina_xoxlova@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-6861-2554>

Галина Германовна Чусова,

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии, ул. Ломоносова, д. 114Б, Воронеж, 394087, Россия galya.chusova@bk.ru <https://orcid.org/0000-0003-1494-8807>

ABOUT THE AUTHORS:**Galina Anatolyevna Vostroilova,**

Doctor of Biological Sciences, Chief Scientific Associate, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, 114B Lomonosov str., Voronezh, 394087, Russia gvostroilova@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-2960-038X>

Ivan Tikhonovich Shaposhnikov,

Doctor of Biological Sciences, Chief Scientific Associate, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, 114B Lomonosov str., Voronezh, 394087, Russia 36011958@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-0190-9083>

Yuriy Nikolaevich Brigadirov,

Doctor of Veterinary Sciences, Chief Scientific Associate, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, 114B Lomonosov str., Voronezh, 394087, Russia icrsa@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-3804-1732>

Maksim Sergeevich Zhukov,

Candidate of Veterinary Sciences, Senior Scientific Associate, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, 114B Lomonosov str., Voronezh, 394087, Russia maxim.zhukoff2015@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-9317-7344>

Nina Alekseevna Khokhlova,

Candidate of Veterinary Sciences, Senior Scientific Associate, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, 114B Lomonosov str., Voronezh, 394087, Russia nina_xoxlova@mail.ru <https://orcid.org/0000-0001-6861-2554>

Galina Germanovna Chusova,

Candidate of Biological Sciences, Principal Scientific Associate, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, 114B Lomonosov str., Voronezh, 394087, Russia galya.chusova@bk.ru <https://orcid.org/0000-0003-1494-8807>