

Научная статья/Research Article

УДК 616-008.9 : 619 : 636.2

DOI: 10.36718/1819-4036-2022-12-140-148

Татьяна Владимировна Зубова¹, Владимир Александрович Плешков^{2✉}^{1,2}Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, Кемерово, Россия¹suta54@mail.ru²6110699@mail.ru**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И МОРФОБИОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КЕТОЗА КОРОВ**

В статье представлены результаты по исследованию физиологических и биохимических аспектов проявления кетоза коров, которое проводили в товарном хозяйстве Кемеровской области в январе 2020 г. на 16 новотельных коровах черно-пестрой породы. Группы животных-аналогов формировали по возрасту, удою, жирности молока и физиологическому состоянию. По результатам исследования молока и сыворотки крови на кетоновые тела животных разделили на 2 группы – контрольная группа (здоровые животные) и опытная группа (больные животные). Анализ кетоновых тел проводили с помощью реактива Лестраде. В сыворотке крови исследуемых животных определяли содержание общего кальция, неорганического фосфора, каротина и белка. Результатами исследования молока и крови с реактивом Лестраде из 16 животных положительная реакция на кетоновые тела была у 9 коров, отрицательная у 7 животных. Общие клинические обследования животных показали, что средняя температура тела, частота пульса, средняя частота дыхательных движений у коров опытной и контрольной групп находятся в пределах физиологической нормы. В опытной группе животных по сравнению с контрольной установлено меньшее содержание лейкоцитов – на $2,4 \cdot 10^9/\text{л}$, или 27,59 % ($p < 0,001$), а также эритроцитов и гемоглобина – на $1,6 \cdot 10^{12}/\text{л}$, или 24,62 % ($p < 0,01$), и $1,93 \text{ г}/100 \text{ мл}$ ($p < 0,05$) соответственно. Биохимические исследования крови показали, что у животных, больных кетозом, отмечено повышенное содержание кальция в опытной группе – $4,84 \pm 0,44 \text{ ммоль}/\text{л}$ (в 2 раза против нормы), а резервная щелочность составила $40,23 \pm 1,89 \%$ CO_2 , т.е. этот показатель был ниже нормы на 13,5. Уровень глюкозы в опытной группе снижен до $1,43 \pm 0,23 \text{ ммоль}/\text{л}$, в контрольной группе содержание глюкозы в сыворотке крови было в пределах физиологической нормы и составило $2,02 \pm 0,18 \text{ ммоль}/\text{л}$.

Ключевые слова: кетоз, коровы, биохимические исследования, физиологическое состояние, резервная щелочность, глюкоза

Для цитирования: Зубова Т.В., Плешков В.А. Физиологические и морфобиохимические аспекты кетоза коров // Вестник КрасГАУ. 2022. № 12. С. 140–148. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-12-140-148.

Tatyana Vladimirovna Zubova¹, Vladimir Alexandrovich Pleshkov^{2✉}^{1,2}Kuzbass State Agricultural Academy, Kemerovo, Russia¹suta54@mail.ru²6110699@mail.ru**PHYSIOLOGICAL AND MORPHOBIOCHEMICAL ASPECTS OF KETOSIS IN COWS**

The paper presents the results of a study of the physiological and biochemical aspects of the manifestation of ketosis in cows, which was carried out in the commercial economy of the Kemerovo Region in January 2020 on 16 new-calf black-and-white cows. Groups of animal analogues were formed according to age, milk yield, fat content of milk and physiological state. According to the results of the study of milk and blood serum for ketone bodies, the animals were divided into 2 groups – the control group (healthy

animals) and the experimental group (sick animals). The analysis of ketone bodies was carried out using Lestrade's reagent. The content of total calcium, inorganic phosphorus, carotene and protein was determined in the blood serum of the studied animals. The results of the study of milk and blood with Lestrade's reagent out of 16 animals showed a positive reaction to ketone bodies in 9 cows, negative in 7 animals. General clinical examinations of animals showed that the average body temperature, pulse rate, average respiratory rate in cows of the experimental and control groups are within the physiological norm. In the experimental group of animals, compared with the control group, a lower content of leukocytes was found – by $2.4 \cdot 10^9/l$, or 27.59 % ($p < 0.001$), as well as erythrocytes and hemoglobin – by $1.6 \cdot 10^{12}/l$, or 24.62 % ($p < 0.01$), and $1.93 \text{ g}/100 \text{ ml}$ ($p < 0.05$), respectively. Biochemical blood tests showed that animals with ketosis had an increased calcium content in the experimental group – $4.84 \pm 0.44 \text{ mmol/l}$ (2 times against the norm), and reserve alkalinity was $40.23 \pm 1.89 \% \text{ CO}_2$, i.e. this indicator was below the norm by 13.5. The glucose level in the experimental group was reduced to $1.43 \pm 0.23 \text{ mmol/l}$, in the control group the glucose content in blood serum was within the physiological norm and amounted to $2.02 \pm 0.18 \text{ mmol/l}$.

Keywords: ketosis, cows, biochemical studies, physiological state, reserve alkalinity, glucose

For citation: Zubova T.V., Pleshkov V.A. Physiological and morphobiochemical aspects of ketosis in cows // Bulliten KrasSAU. 2022;(12): 140–148. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-12-140-148.

Введение. Заболевания, связанные с нарушением метаболических процессов, чаще всего возникают из-за функциональной нестабильности организма, что приводит к биохимическим и клиническим изменениям в органах и тканях животных [1, 2].

Кетоз у крупного рогатого скота встречается практически во всех странах, где практикуется молочное животноводство. В одних регионах встречаются лишь единичные случаи, а в других заболеваемость может достигать 15 и более процентов. Он развивается в основном у высокопродуктивных молочных коров и редко у низкопродуктивных коров, бычков или быков, за исключением тех, кто страдает от длительного голодания и затяжных болезней [3].

Кетоз может возникать у молочного скота всех возрастов, но чаще встречается в годы наибольшей молочной продуктивности – после второго, третьего и последующих периодов лактации.

Лактационный кетоз включает случаи, когда животные страдают от простого дисбаланса между потреблением питательных веществ и потребностями в питательных веществах для поддержания повышенных потребностей лактирующего животного. Этот тип чаще всего возникает через 14–28 дней после отела, но может возникнуть уже на седьмой день и через 40–70 дней после отела.

Ученые и практики считают, что ежемесячный контроль качества молока каждой дойной коровы в рамках общей стратегии улучшения

молочного стада является рациональным способом выявления эпизодов субклинического кетоза и прогнозирования развития клинического кетоза [4–6].

Субклинический кетоз (СКК) у молочных коров является распространенным нарушением обмена веществ, которое может проявиться в переходный период, сухостойный период, отел или в начале лактации. Многие исследования показали, что субклинический кетоз (СКК) связан с повышенным риском развития различных заболеваний, нарушений репродуктивной функции и изменениями молочной продуктивности [2, 7].

Субклинический кетоз определяется как концентрация β -гидроксибутирата (ВНБА) от 1,2 до 1,4 ммоль/л и считается состоянием входа для других метаболических и инфекционных нарушений, таких как метрит, мастит, клинический кетоз и смещение сычуга. Зарегистрированные показатели распространенности субклинического кетоза колеблются от 6,9 до 43 % в первые 2 месяца лактации [8, 9].

Кетоз связан со многими переходными заболеваниями коров; было обнаружено, что субклиническая форма является распространенным состоянием у высокопродуктивных молочных коров [10].

Основными факторами риска СКК являются повышение паритета, чрезмерное кондиционирование животных перед отелом, сезон отела и продолжительность сухостойного периода. Кроме того, предыдущая продолжительность лактации и высокое содержание молозива были

идентифицированы как дополнительные факторы риска развития кетоза. Отмечено, что квартал года, в котором корова отелилась, был связан с риском СКК. Повышенный выход молозива при первом доении был связан с повышенным риском СКК. Длительная предыдущая продолжительность лактации и продолжительность сухостойного периода были связаны с повышенными шансами для СКК [1, 4, 11, 12].

Существуют исследования, посвященные изучению связи между кетозом и морфобиохимическими показателями крови у коров [8, 13, 14]. Однако связь между параметрами даты отела и кетозом во время послеродового переходного периода остается неясной.

Цель исследования – изучение физиологических и морфобиохимических аспектов проявления кетоза у коров.

Задачи: установить наличие кетоновых тел в молоке и сыворотке крови у коров и разделить их на опытную и контрольную группы; провести общие клинические обследования подопытных животных; изучить биохимические и морфологические показатели крови больных и здоровых коров.

Условия, материалы и методы. Экспериментальные исследования проводили в товарном хозяйстве КФХ ИП Зинченко В.Д. Беловского района Кемеровской области в январе 2020 г.

Было отобрано 16 новотельных коров-аналогов по возрасту, удою, жирности молока и физиологическому состоянию (коровы через 10 дней после отела). Для животных было организовано одинаковое кормление и содержание, предусмотренное технологией хозяйства, то есть они находились в своих привычных условиях.

По результатам исследования молока и сыворотки крови на кетоновые тела животных разделили на 2 группы – контрольная (здоровые животные) и опытная (больные животные). Анализ кетоновых тел в молоке проводили с реактивом «Лестраде».

Биохимический анализ крови позволяет определить работу внутренних органов и получить информацию о метаболизме (обмене веществ). В сыворотке крови исследуемых животных определяли содержание общего кальция, неорганического фосфора, каротина и белка. Для анализа гематологических показателей кровь брали из подхвостовой вены до кормления животных. Биохимические показатели крови коров определяли на полуавтоматическом биохимическом анализаторе MINDRAY BA-88A (MINDRAY Ltd., КНР). Резервную щелочность определяли по А.П. Неводову.

Перед каждым взятием крови у опытных животных определяли их физиологическое состояние: измеряли температуру тела, частоту пульса и количество дыхательных движений в минуту.

Все результаты обрабатывали методами вариационной статистики при помощи программного обеспечения MS Excel и Straz. Достоверность различий определяли на основании критерия Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. Перед разделением животных на группы провели исследования молока и крови с реактивом Лестраде. В результате исследований положительная реакция на кетоновые тела была у 9 коров (опытная группа), а отрицательная реакция у 7 животных (контрольная группа).

Таблица 1

Характеристика животных контрольной и опытной групп

Показатель	Контрольная группа (здоровые животные)	Опытная группа (больные животные)
Кол-во отелов	4,3±0,18	4,1±0,12
Живая масса, кг	458,4±0,81	456,2±1,02
Среднесуточный удой, кг	16,1±0,30	16,30±0,13
Жирность молока, %	3,6±0,01	3,6±0,02

Средняя живая масса коров контрольной группы составила 458,4±0,81 кг, средний процент жира – 3,6 ± 0,01 %, среднесуточный удой – 16,1±0,30 кг.

Средняя живая масса у коров опытной группы составила $456,2 \pm 1,02$ кг, количество отелов – $4,1 \pm 0,12$, средний процент жира в молоке – $3,6 \pm 0,02$ %, а среднесуточный удой – $16,30 \pm 0,13$ кг.

Данные таблицы 1 свидетельствуют о правильности подбора групп.

Физиологические показатели животных опытной и контрольной групп представлены в таблице 2.

Таблица 2

Физиологические показатели животных контрольной и опытной групп

Показатель	Контрольная группа (здоровые животные)	Опытная группа (больные животные)	Стандартный интервал
Температура, °С	$38,7 \pm 0,22$	$38,5 \pm 0,24$	37,5-39,0
Пульс, ударов/мин	$60,6 \pm 0,93$	$63,7 \pm 1,79$	50-80
Дыхание, дых. дв/мин	$20,7 \pm 1,05$	$19,6 \pm 0,95$	15-30

Средняя температура тела у коров опытной группы составила $38,5 \pm 0,24$ °С, частота пульса $63,7 \pm 1,79$ ударов/мин, средняя частота дыхательных движений $19,6 \pm 0,95$ дых. дв/мин, что находится в пределах физиологической нормы.

Средняя температура тела у коров контрольной группы – $38,7 \pm 0,22$ °С, частота пульса $60,6 \pm 0,93$ ударов/мин, средняя частота дыхательных движений $20,7 \pm 1,05$ дых. дв/мин, что находится в пределах физиологической нормы.

Кроме этого, были проведены исследования сокращений рубца. Отмечено, что у 4 животных опытной группы сокращено количество руминаций (1 раз в минуту).

При исследовании слизистых оболочек отмечали: склера, слизистая носа и нижней губы – бледно-розового цвета, преддверие влажлища – со слабо-желтоватым оттенком.

Отмечено, что подчелюстные, предлопаточные, коленной складки и надвыменные лимфатические узлы гладкие, ровные, подвижные, безболезненные, умеренно теплые.

Целесообразность изучения форменных элементов крови обусловлена возможными нарушениями процесса кроветворения, которые могут быть связаны с патологическими состояниями и заболеваниями различного характера. Морфологические показатели крови коров опытной и контрольной групп представлены в таблице 3.

Изучение морфологического состава крови экспериментального поголовья позволило выявить существенные различия по ряду показателей. В частности, в наших исследованиях установлено достоверное отличие между опытной и контрольной группами по содержанию лейкоцитов, эритроцитов и гемоглобина.

При изучении форменного состава крови особое внимание уделяют содержанию лейкоцитов, основной функцией которых является защита организма от чужеродных агентов. В наших исследованиях минимальное содержание лейкоцитов установлено в опытной группе животных – $8,7 \pm 0,23 \cdot 10^9$ /л, что достоверно отличалось от аналогичного показателя контрольной группы на $2,4 \cdot 10^9$ /л, или 27,59 % ($p < 0,001$).

Важным показателем при оценке морфологического состава крови является изучение содержания эритроцитов, наиболее многочисленных клеток крови. Основной функцией эритроцитов является транспортировка кислорода, которую они осуществляют благодаря содержащемуся в них гемоглобину. Установлено меньшее содержание эритроцитов и гемоглобина в опытной группе животных по сравнению с контрольной группой – на $1,6 \cdot 10^{12}$ /л, или 24,62 % ($p < 0,001$), и $1,93$ г/100 мл ($p < 0,01$) соответственно.

Для оценки степени насыщения эритроцита гемоглобином проводят расчет среднего содержания гемоглобина в одном эритроците (очень важный показатель для выявления гипо- и гиперхромазии) и средней концентрации гемоглобина в эритроците. Показатель среднего содержания гемоглобина в эритроците между изучаемыми группами незначительно различался, разница составила 1,15 пг, или 7,38 %. Аналогичная картина наблюдается и при анализе средней концентрации гемоглобина в эритроците, где разница между группами составила 1,72 г/л, или 3,41 %.

Еще одним изучаемым показателем при морфологическом анализе крови является гематокрит – расчетный показатель, который характеризует соотношение объема эритроцитов к

плазме крови. Гематокрит в опытной группе незначительно превышал аналогичный показатель в контрольной группе – на 1,75 %.

Для полноты морфологического анализа крови исследуют содержание тромбоцитов, которые не являются клетками крови, а представляют собой осколки цитоплазмы мегакариоци-

тов костного мозга, участвуют в остановке кровотечения путем формирования тромбов. Уровень содержания тромбоцитов находился в пределах физиологической нормы у животных контрольной и опытной групп и несущественно различался – на $75 \cdot 10^9/\text{л}$, или 12,79 %.

Таблица 3

Морфологические показатели крови коров контрольной и опытной групп

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа
Лейкоциты (WBC), $10^9/\text{л}$	$8,7 \pm 0,23$	$6,3 \pm 0,15^{***}$
Эритроциты (RBC), $10^{12}/\text{л}$	$6,5 \pm 0,30$	$4,9 \pm 0,11^{***}$
Гемоглобин (HGB), г/100 мл	$10,13 \pm 0,41$	$8,2 \pm 0,28^{**}$
Тромбоциты (PLT), $\times 10^9/\text{л}$	$511 \pm 53,37$	$586 \pm 40,14$
Гематокрит (HCT), %	$49,27 \pm 1,19$	$47,52 \pm 0,95$
Содержание гемоглобина в эритроците, пг (пикограмм)	$15,58 \pm 0,51$	$16,73 \pm 0,35$
Концентрация гемоглобина в эритроците, г/л	$50,45 \pm 2,38$	$52,17 \pm 2,63$

Здесь и далее: разница достоверна при * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

Биохимический анализ крови – это метод лабораторной диагностики, который позволяет определить работу внутренних органов, получить информацию о метаболизме (обмене ве-

ществ) и выяснить потребность в макроэлементах. Биохимические исследования крови коров представлены в таблице 4.

Таблица 4

Биохимические показатели крови коров контрольной и опытной групп

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа	Норма
Резервная щелочность, % CO_2	$46,21 \pm 1,36^*$	$40,23 \pm 1,89$	46–66
Каротин, мг%	$0,45 \pm 0,02^{***}$	$0,30 \pm 0,01$	0,4–2,8
Кальций, ммоль/л	$2,6 \pm 0,12$	$4,84 \pm 0,44^{***}$	2,1–2,8
Фосфор, ммоль/л	$1,94 \pm 0,13$	$1,57 \pm 0,14$	1,4–2,5
Белок, г/л	$70,57 \pm 3,8$	$70 \pm 2,81$	61,6–82

Резервная щелочность – это показатель кислотно-щелочного соотношения в организме, количество двуокси углерода (мл), которое может связать 100 мл плазмы крови.

Снижение данного параметра говорит о сдвиге кислотно-щелочного равновесия в сторону ацидоза, повышение – в сторону алкалоза.

Анализируя таблицу 4, следует отметить, что показатели уровня каротина в сыворотке крови животных составили: в опытной группе – $0,30 \pm 0,01$, в контрольной группе – $0,45 \pm 0,02$ мг%. Отмечено достоверно большее содержание уровня каротина в контрольной группе по сравнению с опытной группой на 0,15 мг% ($p < 0,001$),

что превосходило показатели нормы почти в 2 раза. Также нами установлено достоверно большее содержание кальция в опытной группе по сравнению с контрольной группой – на 2,24 ммоль/л ($p < 0,001$).

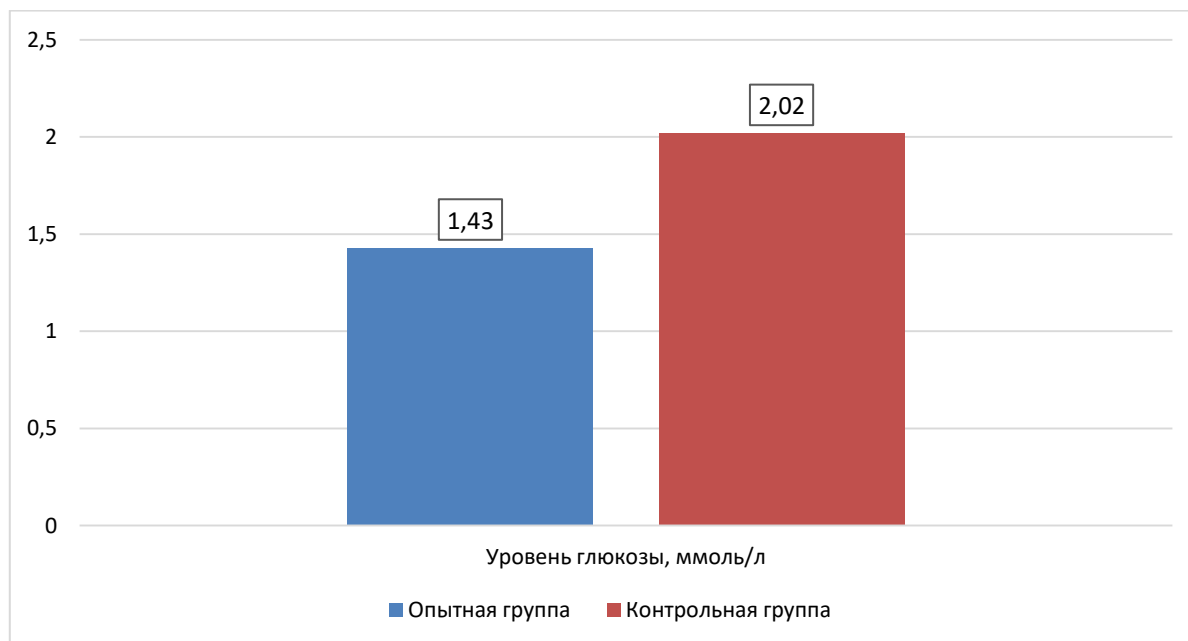
Резервная щелочность в группе животных, положительно реагирующих на наличие кетоновых тел с реактивом Лестраде (больные), колебалась от 30,1 до 46,8 % CO_2 , при этом только у одной коровы данный показатель был в пределах нормы. В среднем по группе резервная щелочность составила $40,23 \pm 1,89$ % CO_2 , т.е. этот показатель был ниже нормы на 13,5 %. Однако в исследованиях других авторов отмечено [9],

что этот показатель у коров на 10-й день после отела повышался, возможно, это связано с кормлением животных или сроками взятия крови. В контрольной группе животных показатель резервной щелочности в сыворотке крови здоровых коров находился на нижней границе физиологической нормы и составил $46,21 \pm 1,36$ % CO_2 . Установлено достоверно большее содержание резервной щелочности в контрольной группе по

сравнению с опытной, разница составила 5,98 % CO_2 ($p < 0,05$).

Показатели фосфора и белка в опытной и контрольной группе соответствовали физиологической норме.

Отмечено, что уровень глюкозы в опытной группе снижен до $1,43 \pm 0,23$ ммоль/л, в контрольной группе содержание глюкозы в сыворотке крови было в пределах физиологической нормы и составило $2,02 \pm 0,18$ ммоль/л (рис.).



Уровень глюкозы в крови коров контрольной и опытной групп

Для кетоза характерна гипогликемия, причем между содержанием сахара и кетоновых тел в крови отмечается обратная корреляционная зависимость. Это происходит на фоне обеднения печени гликогеном. Причем снижение уровня гликогена в печени коров наступает раньше, чем глюкозы в крови [6].

Важный физиологический эффект имеют повышенная мобилизация жировых отложений и жировая инфильтрация печени, а также повышенная мобилизация аминокислот из белков организма в печень, в которой некоторые из них превращаются в глюкозу и гликоген. Жировая инфильтрация печени имеет тенденцию к временному увеличению кетогенеза (продукции кетоновых тел), причем глюкоза или гликоген имеют тенденцию предотвращать это. Малые дозы гормонов коры надпочечников могут вызывать временное усиление кетогенеза. но поскольку

производство глюкозы печенью достаточно увеличивается, кетогенез контролируется. Глюкоза препятствует кетогенезу жирных кислот в печени, поддерживая небольшое количество «оксалацетата», который должен соединяться с фрагментами жирных кислот, если они должны быть окислены. В результате происходит снижение уровня щелочного резерва крови [4, 12, 13].

Заключение

1. При исследовании молока и крови с реактивом Лестраде 16 животных положительная реакция на кетоновые тела была у 9 коров, отрицательная у 7 животных.

2. Общие клинические обследования животных показали, что средняя температура тела у коров опытной группы составила $38,5 \pm 0,24$ °C, частота пульса $63,7 \pm 1,79$ ударов/мин, средняя

частота дыхательных движений $19,6 \pm 0,95$ дых. дв/мин, что находится в пределах физиологической нормы. Средняя температура тела у коров контрольной группы – $38,7 \pm 0,22$ °С, частота пульса $60,6 \pm 0,93$ ударов/мин, средняя частота дыхательных движений $20,7 \pm 1,05$ дых. дв/мин, что находится в пределах физиологической нормы. Исследования сокращений рубца показали, что у 4 животных опытной группы сокращено количество руминаций (1 раз в минуту). Слизистые оболочки склеры, носа и нижней губы – бледно-розового цвета, преддверие влагалища – со слабо-желтоватым оттенком, т.е. в пределах физиологической нормы. Подчелюстные, предлопаточные, коленной складки и надвыменные лимфатические узлы гладкие, ровные, подвижные, безболезненные, умеренно теплые.

3. Оценка морфологического состава крови коров контрольной и опытной групп позволила установить существенные различия по ряду изучаемых показателей. Установлено меньшее содержание лейкоцитов в опытной группе животных по сравнению с контрольной группой – на $2,4 \cdot 10^9$ /л, или 27,59 % ($p < 0,001$), а также эритроцитов и гемоглобина – на $1,6 \cdot 10^{12}$ /л, или 24,62 % ($p < 0,001$), и 1,93 г/100 мл ($p < 0,01$) соответственно.

4. Биохимические исследования крови показали, что у животных, больных кетозом, отмечено повышенное содержание кальция в опытной группе – $4,84 \pm 0,44$ ммоль/л (в 2 раза против нормы), а резервная щелочность составила $40,23 \pm 1,89$ % CO_2 , т.е. этот показатель был ниже нормы на 13,5. Уровень глюкозы опытной группе снижен до $1,43 \pm 0,23$ ммоль/л, в контрольной группе содержание глюкозы в сыворотке крови было в пределах физиологической нормы и составило $2,02 \pm 0,18$ ммоль/л. Отмечено достоверно большее содержание уровня каротина в контрольной группе по сравнению с опытной группой на 0,15 мг% ($p < 0,001$) и большее содержание резервной щелочности на 5,98 % CO_2 ($p < 0,05$). Установлено достоверно большее содержание кальция в опытной группе по сравнению с контрольной на $2,24$ ммоль/л ($p < 0,001$).

Таким образом, можно предположить, что результаты наших исследований по представленным параметрам могут быть прогностическими показателями кетоза.

Список источников

1. Risk factors for clinical ketosis and association with milk production and reproduction variables in dairy cows in a hot environment / M. Mellado [et al.] // *Tropical Animal Health and Production*. 2018. Vol. 7, № 50. P. 1611–1616. DOI: 10.1007/s11250-018-1602-y.
2. Rutherford A.J., Oikonomou G., Smith R.F. The effect of subclinical ketosis on activity at estrus and reproductive performance in dairy cattle // *Journal of Dairy Science*. 2016. Vol. 99, № 6. P. 4808–4815. DOI: 10.3168/jds.2015-10154.
3. The economic impact of subclinical ketosis in dairy cattle using a dynamic stochastic simulation model / P.F. Mostert [et al.] // *Animal*. 2018. Vol. 12, № 1. P. 145–154. DOI: 10.1017/S1751731117001306.
4. Biomarkers from automatic milking system as an indicator of subclinical acidosis and subclinical ketosis in fresh dairy cows / R. Antanaitis [et al.] // *Polish Journal of Veterinary Sciences*. 2019. Vol. 22, № 4. P. 685–693. DOI: 10.24425/pjvs.2019.129981.
5. Predicting ketosis during the transition period in Holstein Friesian cows using hematological and serum biochemical parameters on the calving date / S. Ha [et al.] // *Sci Rep*. 2022 Jan 17;12(1):853. DOI: 10.1038/s41598-022-04893-w.
6. Тресницкий С.Н., Авдеев В.С., Пименов Н.В. Метаболический стресс у сухостойных коров и нетелей при развитии субклинического кетоза // *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2017. № 12. С. 6–13.
7. Ширяев Г.В., Никитин Г.С. Оценка применения кормовых добавок при субклиническом кетозе у высокопродуктивных коров // *Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии*. 2020. № 2. С. 45–50.
8. Short communication: Concentrations of nonesterified fatty acids and β -hydroxybutyrate in dairy cows are not well correlated during the transition period / M.M. McCarthy [et al.] // *Journal of Dairy Science*. 2015. Vol. 98, № 9. P. 6284–6290.
9. β -Hydroxybutyrate induces bovine hepatocyte apoptosis via an ROS-p38 signaling pathway / Y. Song [et al.] // *Journal of Dairy Science*. 2016. Vol. 99, № 11. P. 9184–9198. DOI: 10.3168/jds.2016-11219.

10. Кетоз и его роль в нарушении репродуктивной функции / Г.В. Ширяев [и др.] // Вестник РУДН. Сер. Агронмия и животноводство. 2020. Т. 15, № 4. С. 403–416.
11. Delich B., Belich B., Zinkovich M.R., Djokovic R., Lakich I. Metabolic adaptation in the first week after calving and early prediction of type I and II ketosis in dairy cows. *Great Anime. Rev.* 2020; 26:51–55.
12. Mc Fadden J.W. Review: Lipid biology in the periparturient dairy cow: contemporary perspectives // *Animal*. 2020. Vol. 14. N S1 N 1. P. 165–175. DOI: 10.1017/S1751731119003185.
13. Fiore E.T., Tessari R., Morgante M. Identification of Plasma Fatty Acids in Four Lipid Classes to Understand Energy Metabolism at Different Levels of Ketonemia in Dairy Cows Using Thin Layer Chroma-tography and Gas Chromatographic Techniques (TLC-GC) // *Animals*. 2020. Vol. 10, № 4. P. 571. DOI: 10.3390/ani10040571.
14. Авдеенко В.С., Калужный И.И., Тресницкий С.Н. Метаболический стресс у сухостойных коров и нетелей при развитии субклинического кетоза // *Ветеринария*. 2019. № 2. С. 36–41. DOI: 10.30896/0042-4846.2019.22.2.36-41.
5. Predicting ketosis during the transition period in Holstein Friesian cows using hematological and serum biochemical parameters on the calving date / S. Ha [et al.] // *Sci Rep.* 2022 Jan 17;12(1):853. DOI: 10.1038/s41598-022-04893-w.
6. Tresnickij S.N., Avdeenko V.S., Pimenov N.V. Metabolicheskij stress u suhostojnyh korov i netelej pri razvitii subklinicheskogo ketoza // *Veterinariya, zootehniya i biotehnologiya*. 2017. № 12. S. 6–13.
7. Shiryayev G.V., Nikitin G.S. Ocenka primeneniya kormovyh dobavok pri subklinicheskom ketoze u vysokoproduktivnyh korov // *Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii*. 2020. № 2. S. 45–50.
8. Short communication: Concentrations of none sterified fatty acids and β -hydroxybutyrate in dairy cows are not well correlated during the transition period / M.M. McCarthy [et al.] // *Journal of Dairy Science*. 2015. Vol. 98, № 9. P. 6284–6290.
9. β -Hydroxybutyrate induces bovine hepatocyte apoptosis via an ROS-p38 signaling pathway / Y. Song [et al.] // *Journal of Dairy Science*. 2016. Vol. 99, № 11. P. 9184–9198. DOI: 10.3168/jds.2016-11219.

References

1. Risk factors for clinical ketosis and association with milk production and reproduction variables in dairy cows in a hot environment / M. Mellado [et al.] // *Tropical Animal Health and Production*. 2018. Vol. 7, № 50. P. 1611–1616. DOI: 10.1007/s11250-018-1602-y.
2. Rutherford A.J., Oikonomou G., Smith R.F. The effect of subclinical ketosis on activity at estrus and reproductive performance in dairy cattle // *Journal of Dairy Science*. 2016. Vol. 99, № 6. P. 4808–4815. DOI: 10.3168/jds.2015-10154.
3. The economic impact of subclinical ketosis in dairy cattle using a dynamic stochastic simulation model / P.F. Mostert [et al.] // *Animal*. 2018. Vol. 12, № 1. P. 145–154. DOI: 10.1017/S1751731117001306.
4. Biomarkers from automatic milking system as an indicator of subclinical acidosis and subclinical ketosis in fresh dairy cows / R. Antanaitis [et al.] // *Polish Journal of Veterinary Sciences*. 2019. Vol. 22, № 4. P. 685–693. DOI: 10.24425/pjvs.2019.129981.
10. Ketoz i ego rol' v narushenii reproduktivnoj funkcii / G.V. Shiryayev [i dr.] // *Vestnik RUDN. Ser. Agronomiya i zhivotnovodstvo*. 2020. T. 15, № 4. S. 403–416.
11. Delich B., Belich B., Zinkovich M.R., Djokovic R., Lakich I. Metabolic adaptation in the first week after calving and early prediction of type I and II ketosis in dairy cows. *Great Anime. Rev.* 2020; 26:51–55.
12. Mc Fadden J.W. Review: Lipid biology in the periparturient dairy cow: contemporary perspectives // *Animal*. 2020. Vol. 14. N S1 N 1. P. 165–175. DOI: 10.1017/S1751731119003185.
13. Fiore E.T., Tessari R., Morgante M. Identification of Plasma Fatty Acids in Four Lipid Classes to Understand Energy Metabolism at Different Levels of Ketonemia in Dairy Cows Using Thin Layer Chroma-tography and Gas Chromato-

- graphic Techniques (TLC-GC) // *Animals*. 2020. Vol. 10, № 4. P. 571. DOI: 10.3390/ani10040571.
14. *Avdeenko V.S., Kalyuzhnyj I.I., Tresnickij S.N.* Metabolicheskij stress u suhostojnyh korov i netelej pri razvitii subklinicheskogo ketoza // *Veterinariya*. 2019. № 2. S. 36–41. DOI: 10.30896/042-4846.2019.22.2.36-41.

Статья принята к публикации 26.10.2022 / The article accepted for publication 26.10.2022.

Информация об авторах:

Татьяна Владимировна Зубова¹, профессор кафедры ветеринарной медицины и биотехнологии, доктор биологических наук, доцент

Владимир Александрович Плешков², заведующий кафедрой ветеринарной медицины и биотехнологии, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Information about the authors:

Tatyana Vladimirovna Zubova¹, Professor at the Department of Veterinary Medicine and Biotechnology, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor

Vladimir Alexandrovich Pleshkov², Head of the Department of Veterinary Medicine and Biotechnology, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

