



Эффективность использования данных, полученных с электронной системы роботизированного доения, при комплексной диагностике мастита у коров

М. Н. Исакова, М. В. Ряпосова

ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» (ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН), г. Екатеринбург, Россия

РЕЗЮМЕ

Важную роль в снижении заболеваемости молочного стада маститом играют ранняя диагностика и своевременные лечебные мероприятия. В результате исследования животных ($n = 61$), доение которых осуществлялось при помощи автоматизированной системы добровольного доения VMS™ V300 (DeLaval, Швеция), установлено, что за период наблюдения, равный 10 300 актам доения, средний надой составил 15,03 кг ($min - 4,50$ кг, $max - 24,52$ кг); средняя продолжительность доения по группе – 8 мин 14 сек ($min - 5$ мин 24 сек, $max - 12$ мин 29 сек). Период времени, за которое происходил цикл доения большинства коров (67,2%), соответствовал нормативным показателям и составил 4–7 мин, у 32,7% животных средняя продолжительность доения была более 8 мин. Средний интервал между доениями в исследуемой группе животных равнялся 11 ч 30 мин ($min - 6$ ч 04 мин, $max - 18$ ч 54 мин). Средняя электропроводность молока по всей группе животных составила 4,14 1/Ом×см³. Определили, что средний показатель MDi (индекс выявления мастита) был равен 1,16 с диапазоном от 1,03 до 1,41. Минимальное и максимальное значение MDi находилось на уровне 1,0 и 11,1 соответственно. Диагностическое увеличение индекса MDi в пределах 1,8–2,2 наблюдали у 24,6% животных. Достоверное повышение индекса более 2,2 установлено у 21,3% высокопродуктивных коров. Все животные с уровнем MDi более 1,8 (28 гол.) были обследованы на мастит, воспалительные реакции в вымени обнаружили у 28,6% особей, клиническое и скрытое воспаление имели 7,1 и 21,4% коров соответственно. При исследовании секрета молочной железы установили, что у 45,9 и 37,7% животных среднее содержание соматических клеток находилось в диапазоне до 200 и 201–300 тыс/мл соответственно. В секрете вымени 4,9% коров содержалось 301–400 тыс/мл соматических клеток, у 9,8% исследуемых животных показатель был на уровне 401–700 тыс/мл, у 1,6% – свыше 701 тыс/мл. Микробиологические и ПЦР-исследования проб секрета молочной железы от животных с маститом показали, что спектр возбудителей контагиозного и колиформного маститов представлен: *Staphylococcus* spp. (*St. epidermidis*, *St. saprophyticus*, *St. haemolyticus*), *Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Enterococcus faecium*. Установлено, что для выявления мастита в стаде должны быть использованы различные инструменты диагностики, а полученные данные с автоматизированных систем добровольного доения, такие как индекс выявления мастита (MDi), могут применяться для более раннего выявления изменений, происходящих в молочной железе коров.

Ключевые слова: высокопродуктивные коровы, мастит, диагностика, автоматизированные системы добровольного доения, надой, продолжительность доения, интервал между доениями, электропроводность, индекс выявления мастита (MDi), соматические клетки, возбудители мастита, контагиозный мастит, колиформный мастит

Благодарности: Исследования выполнены в рамках государственного задания Минобрнауки России по теме № 0532-2021-0009 «Разработка биологических технологий управления здоровьем животных и прижизненного формирования качества продукции животноводства и птицеводства».

Для цитирования: Исакова М. Н., Ряпосова М. В. Эффективность использования данных, полученных с электронной системы роботизированного доения, при комплексной диагностике мастита у коров. *Ветеринария сегодня*. 2023; 12 (2): 119–125. DOI: 10.29326/2304-196X-2023-12-2-119-125.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Исакова Мария Николаевна, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник отдела репродуктивной биологии и неонатологии ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, 620142, Россия, г. Екатеринбург, ул. Белинского, 112а, e-mail: tmarya105@yandex.ru.

Efficiency of the data generated by the robotic milking system for comprehensive diagnosis of mastitis in cows

M. N. Isakova, M. V. Ryaposova

Federal State Budgetary Scientific Institution "Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences" (FSBSI UrFASRC, UrB of RAS), Ekaterinburg, Russia

SUMMARY

Early mastitis diagnosis and treatment play a significant role in reducing the disease incidence in a dairy herd. Examination of the animals ($n = 61$) milked with VMS™ V300 automated voluntary milking system (DeLaval, Sweden) showed that mean milk yield was 15.03 kg ($min - 4.50$ kg, $max - 24.52$ kg); mean milking time in the group was 8 min 14 sec ($min - 5$ min 24 sec, $max - 12$ min 29 sec) during the observation period equal to 10,300 milkings. Milking time for the majority of the cows (67.2%) complied with the standards and equaled to 4–7 min, mean milking time for 32.7% of the animals was 8 minutes. Mean interval between milkings in the test animal group was 11 hours 30 minutes ($min - 6$ h 04 min, $max - 18$ h 54 min). Mean electrical conductivity of the milk was 4.14 1/Оm×см³ for

the whole group of animals. Determined mean mastitis detection index (MDi) was 1.6 and varied in the range of 1.03 to 1.41. Minimal and maximal MDi was 1.0 and 11.1, respectively. Diagnostically representative increase in MDi within 1.8–2.2 was observed in 24.6% of animals. Significant MDi increase to more than 2.2 was found in 21.3% of high-yielding cows. All animals with MDi higher than 1.8 (28 animals) were examined for mastitis. Inflammatory reactions in udder were detected in 28.6% of the animals, clinical and latent inflammations were detected in 7.1 and 21.4% of the cows, respectively. Tests of mammary gland secretion showed that average somatic cell count was up to 200 and 201–300 ths cells/mL in 45.9 and 37.7% of the animals, respectively. Udder secretions of 4.9% of cows contained 301–400 ths somatic cells/mL. In 9.8% of tested animals average somatic count was 401–700 ths somatic cells/mL, and in 1.6% of the animals – more than 701 ths somatic cells/mL. Microbiological and PCR tests of mammary gland secretion samples taken from the animals with mastitis detected the following contagious and coliform mastitis agents: *Staphylococcus* spp. (*St. epidermidis*, *St. saprophyticus*, *St. haemolyticus*), *Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Enterococcus faecium*. Various diagnostic techniques are found to be used for detection of mastitis in the herd and the data generated by robotic voluntary milking station such as mastitis detection index (MDi) can be used for earlier detection of changes in cow's mammary gland.

Keywords: high-yielding cows, mastitis, diagnosis, robotic voluntary milking systems, milk yields, milking time, interval between milkings, electrical conductivity, mastitis detection index (MDi), somatic cells, mastitis agents, contagious mastitis, coliform mastitis

Acknowledgements: The study was performed within the governmental programme of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, No. 0532-2021-0009 "Development of biological technologies for animal health management and lifetime animal and poultry product quality management".

For citation: Isakova M. N., Ryaposova M. V. Efficiency of the data generated by the robotic milking system for comprehensive diagnosis of mastitis in cows. *Veterinary Science Today*. 2023; 12 (2): 119–125. DOI: 10.29326/2304-196X-2023-12-2-119-125.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

For correspondence: Mariya N. Isakova, Candidate of Science (Veterinary Medicine), Senior Researcher, Department of Reproductive Biology and Neonatology, FSBSI UrFASRC, UrB of RAS, 620142, Russia, Ekaterinburg, ul. Belinsky, 112a, e-mail: tmarya105@yandex.ru.

ВВЕДЕНИЕ

В современной отрасли молочного животноводства большое значение отводится проблеме увеличения объемов производства молока, при этом особое внимание уделяется повышению качества получаемого сырого продукта [1–3]. На первичном этапе производства одним из факторов снижения качественных показателей продукта является наличие воспалительного процесса в молочной железе коров [3–5]. Мастит высокопродуктивных коров представляет собой финансово значимую проблему, особенно в системе молочного производства. Воспалительные заболевания молочной железы коров являются одним из препятствий получения и реализации на перерабатывающие предприятия сырого молока экстр и высшего сорта. Связано это с высоким содержанием соматических клеток (СК) в молоке, особенно у животных со скрыто протекающей формой мастита, повышенной обсемененностью молока патогенной и условно-патогенной микрофлорой, изменением процентного соотношения белка и жира в молоке [6]. В связи с этим ранняя диагностика и своевременные лечебные мероприятия играют важную роль в снижении заболеваемости молочного стада. Определение и анализ уровня СК в молоке коров дает возможность диагностировать на более раннем этапе субклиническую форму мастита, при которой клинических проявлений заболевания не наблюдается. Проведение микробиологических и ПЦР-исследований секрета молочной железы позволяет определить спектр возбудителей, способных вызывать воспалительные процессы в вымени коров, и установить этиологию заболевания. В последние годы в нашей стране наблюдается устойчивая тенденция строительства крупных молочных комплексов для содержания большого поголовья лактирующих коров, что затрудняет проведение диагностики на первоначальных

стадиях развития патологического процесса в молочной железе. В решении данной проблемы могут быть использованы автоматические доильные системы, способные регистрировать различные параметры во время процесса доения, их анализ позволит обнаруживать изменения в молочной железе коров [7].

Автоматические доильные системы (AMS) впервые были внедрены на молочных фермах в 1990-х гг. [8]. На протяжении нескольких десятилетий в отрасли молочного животноводства нашей страны происходит переход на автоматизированный труд [9–14]. AMS все чаще начинают использовать в производственной практике за счет несомненных достоинств, таких как улучшение качества молока и снижение затрат на оплату труда [12–16]. Эта технология добровольного доения молочного скота обеспечивает полную автоматизацию процесса, основана на компьютерном управлении и позволяет многократно увеличить частоту доения. AMS имеют большое значение для экономических, технических и социальных аспектов ведения сельского хозяйства, а также физиологии, здоровья и благополучия животных [17–21]. При использовании данных автоматизированных систем контроль состояния вымени коров при каждом доении не осуществляется, поэтому анализ онлайн-измерений имеет большое значение [22–24]. Показатели, полученные роботами-дойрами, могут варьировать в зависимости от модели и комплектации оборудования. К стандартным показателям, которые необходимо контролировать, относятся надои, продолжительность доения, интервал между доениями, электропроводность молока, наличие в нем крови [12, 24, 25]. Менее известным параметром является индекс выявления мастита (MDi), рассчитываемый с учетом электропроводности молока, интервала между доениями и наличия крови в каждой четверти вымени [12]. В настоящее время основную информацию

об этом индексе можно найти только в руководстве пользователя доильной системы DeLaval VMS™ (Швеция). Индекс MDi может находиться в диапазоне от 0,8 до 4,0, и если он ниже 1,8, это означает, что у данного животного нет проблем со здоровьем молочной железы; значение выше 1,8 указывает на то, что необходимо установить наблюдение за конкретной коровой в отношении диагностики на мастит; уровень более 2,2 сигнализирует о том, что в вымени животного имеется воспалительный процесс. Однако точных научных доказательств взаимосвязи индекса MDi и мастита у высокопродуктивных коров недостаточно.

Цель данного исследования заключалась в проведении комплексной диагностики мастита коров, анализе показателей, получаемых с автоматизированной системы добровольного доения, а также оценке эффективности использования индекса MDi для диагностики мастита у коров.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа проведена в 2020–2021 гг. в отделе репродуктивных технологий ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН в рамках государственного задания Минобрнауки России по направлению 160 Программы ФНИ государственных академий наук по теме № 0532-2021-0009 «Разработка биологических технологий управления здоровьем животных и прижизненного формирования качества продукции животноводства и птицеводства».

Экспериментальные исследования проводили на базе племенного завода, расположенного в Камышловском районе Свердловской области, на высокопродуктивных коровах с продуктивностью более 8000 кг. Автоматизированная система добровольного доения VMS™ V300 компании DeLaval была внедрена в сентябре 2020 г. на группе из 61 коровы. За исследуемый период, в среднем 4,9 месяца (*min* – 1 месяц, *max* – 7 месяцев), проанализировано 10 300 доек, при этом учитывали такие показатели, как надои, продолжительность доения, интервал между доением, электропроводность молока, индекс MDi. Животные с индексом MDi более 1,8 были подвергнуты дополнительному исследованию на клинический и субклинический мастит. Клинические признаки мастита устанавливали при обследовании с проведением пробного сдаивания: оценивали симметричность и размеры четвертей вымени, отмечали изменения цвета кожи молочной железы и ее температуры. Особое внимание уделяли надвыменным лимфатическим узлам, оценивали наличие или отсутствие уплотнений, отмечали изменения в состоянии сфинктеров сосков и характер выдоенного секрета вымени.

Исследование на субклинический мастит проводили с помощью диагностического экспресс-теста «Кенотест» (CID LINES, Бельгия). Также в секрете молочной железы всех животных определяли количество СК с использованием анализатора молока вискозиметрического «Соматос-Мини» (ООО ВПК «СибагроПРИБОР», Россия) и анализатора DeLaval DCC (Швеция). Методика определения количества СК соответствует стандарту Российской Федерации ГОСТ 23453-2014¹.

В период исследования от животных с маститом были отобраны пробы секрета молочной железы

для дальнейшего микробиологического и ПЦР-исследования с целью установления этиологии заболевания ($n = 8$). Исследование проб проводили на приборе Rotor-Gene 3000 (Corbett Research, Австралия) в режиме реального времени методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) с использованием комплекта реагентов «Ветскрин. СТРЕПТОПОЛ-В», «Ветскрин. СТАФИПОЛ», «Ветскрин. КОЛИПОЛ», «Ветскрин. СТРЕПТОПОЛ» (ООО «ИДС», Россия). При проведении бактериологического и микологического исследования из проб секрета вымени коров делали посева на жидкие и плотные питательные среды: мясо-пептонный бульон (МПБ), мясо-пептонный агар (МПА), среду Эндо, среду Сабуро, агар маннит-солевой, энтерококкагар, цветные среды Гисса. Выделенные изоляты идентифицировали, руководствуясь определителем бактерий Берджи и определителем патогенных и условно-патогенных грибов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За исследуемый период надой по группе в среднем составил 15,03 кг (*min* – 4,50 кг, *max* – 24,52 кг). Средняя продолжительность доения по группе – 8 мин 14 сек, при этом минимальный показатель был 5 мин 24 сек, а максимальный – 12 мин 29 сек. Усредненное значение времени доения животных составило 5–7 мин, что соответствует физиологическим параметрам рефлекса молокоотдачи и находится в нормативных пределах требований машинного доения коров. Установлено, что 67,2% коров выдаивалось в течение 4–7 мин, а средняя продолжительность доения более 8 мин наблюдалась у 32,7% животных (рис. 1).

Средний интервал между доениями в исследуемой группе животных составил 11 ч 30 мин с распределением от минимального (6 ч 04 мин) до максимального (18 ч 54 мин) значений. При этом у 31,2% коров за весь исследуемый период максимальный интервал между доениями один раз и более был от 20 ч 11 мин до 24 ч 00 мин (рис. 2).

Ранее проведенными нами исследованиями установлено, что электропроводность молока у здоровых животных находилась на уровне 3,5–4,5 1/Омхсм³, у животных с субклиническим и клиническим маститом – 4,5–6,0 и 6,1–7,0 1/Омхсм³ соответственно [26].

Доение коров с использованием автоматизированной системы добровольного доения VMS™ V300 позволяет получать данные по электропроводности молока с каждой четверти молочной железы. Общий анализ за исследуемый период показал, что средняя электропроводность молока по всей группе животных составила 4,14 1/Омхсм³, при этом у 16,4% коров электропроводность находилась на уровне 4,5–6,0 1/Омхсм³. Если рассматривать индивидуально каждое животное, то за весь период исследований отмечено, что в левой передней четверти вымени у 23,0% коров средняя электропроводность молока имела значение 4,50–5,23 1/Омхсм³, у 4,92% животных данный показатель был более 7,11 1/Омхсм³; электропроводность молока из правой передней четверти у 13,1% коров имела значение от 4,52 до 5,05 1/Омхсм³, а у 8,2% животных – 6,24–9,39 1/Омхсм³. Аналогичный анализ по левой задней четверти молочной железы показал, что электропроводность молока в пределах 4,54–5,20 и 6,06–9,14 1/Омхсм³ установлена у одинакового количества животных (13,1%). Повышение показателя электропроводности молока в правой задней четверти вымени

¹ ГОСТ 23453-2014 Молоко сырое. Методы определения соматических клеток. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200115756>.

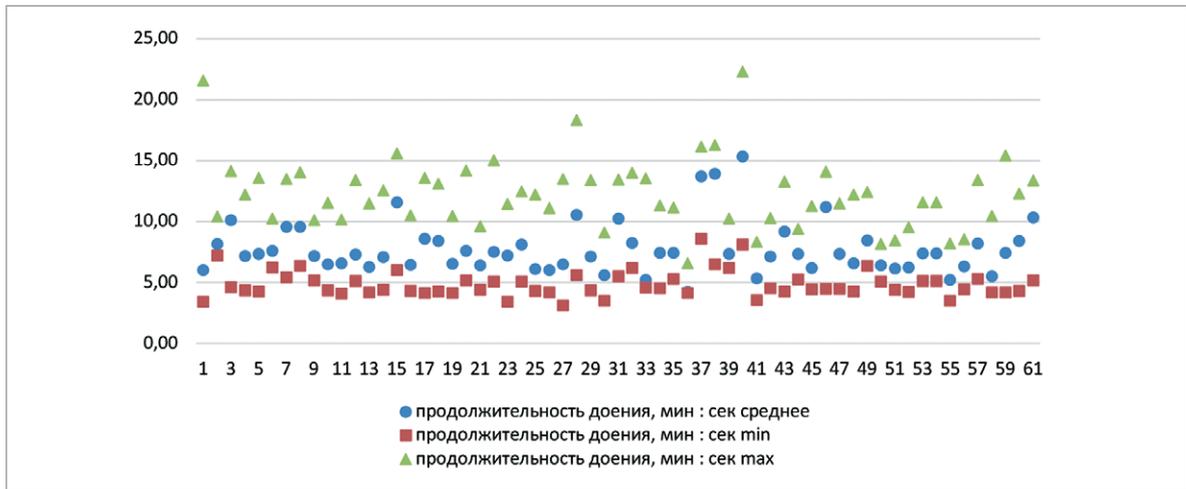


Рис. 1. Распределение продолжительности доения коров на роботизированной установке

Fig. 1. Distribution of the time of cow milking with robotic milking system

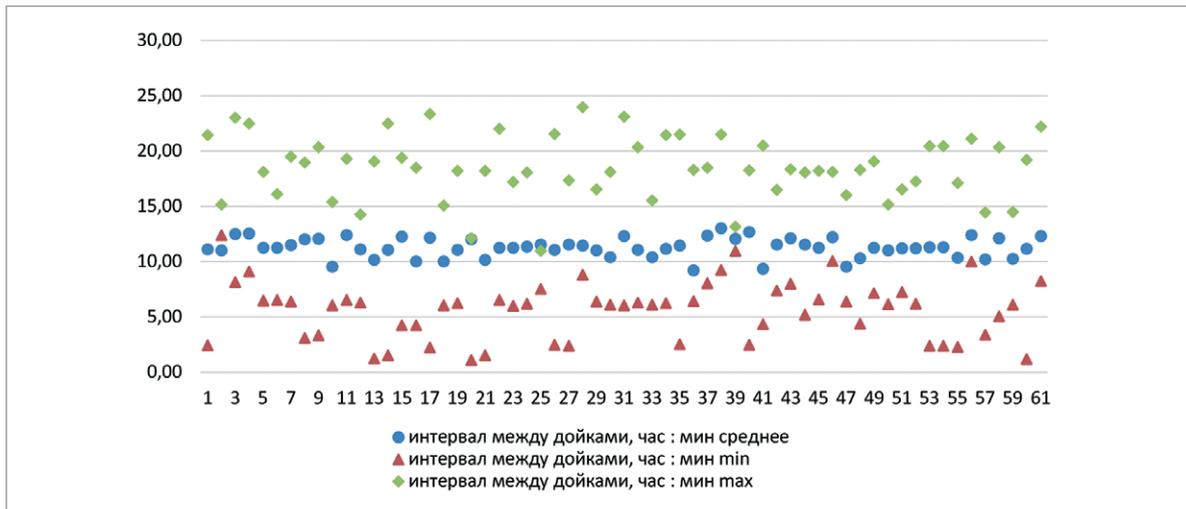


Рис. 2. Распределение интервала между доениями коров на роботизированной установке

Fig. 2. Distribution of the interval between cow milkings with robotic milking system

от 4,51 до 5,73 1/Омхсм³ и от 6,22 до 7,93 1/Омхсм³ наблюдалось у 21,31 и 4,92% животных соответственно.

За семь месяцев исследования и 10 300 доений средний показатель MDi составил 1,16 с диапазоном от 1,03 до 1,41. Минимальное и максимальное значение MDi было равно 1,0 и 11,1 соответственно (рис. 3). При этом величину индекса MDi от 1,8 до 2,2 наблюдали у 50,8% высокопродуктивных коров, у 26,2% животных регистрировали единичное повышение. В связи с этим диагностическое значение увеличения индекса MDi в пределах 1,8–2,2 имело место у 24,6% коров. Повышение индекса выявления мастита более 2,2 зарегистрировано у 36,1% животных, при этом 14,8% коров имели повышение MDi в период от одной до четырех доек, и в дальнейшем у них не выявлено взаимосвязи с маститом, в результате чего достоверным считается увеличение MDi более 2,2 у 21,3% высокопродуктивных коров. Повышение значения MDi от 1,8 до 2,2 и более 2,2 максимально наблюдалось на протяжении 38 и 19 доек соответственно.

Всех животных с зарегистрированным на протяжении более четырех доек уровнем MDi 1,8–2,2 и более 2,2 (15 и 13 коров соответственно) исследовали

на наличие клинической и субклинической форм мастита. Из 28 коров мастит был выявлен у 28,6% животных, при этом клиническое и скрытое воспаление имели 7,1 и 21,4% особей соответственно. Выявили, что клинический мастит у коров диагностируется в случае, если индекс MDi превышает 2,2 на протяжении от 13 до 18 доений. Субклинический мастит был обнаружен у животных с индексом MDi от 1,8 до 2,2 в процессе 17–28 циклов доения. У коров, имеющих уровень MDi менее 1,8, признаков мастита не наблюдали на протяжении всего периода исследований. Устанавливая взаимосвязь между индексом MDi и диагностируемым маститом, выявлена положительная корреляция, коэффициент которой составил $r = 0,78$.

Исследование секрета молочной железы показало, что у 45,9 и 37,7% животных среднее количество СК за исследуемый период находилось в диапазоне до 200 и 201–300 тыс/мл соответственно, что свидетельствует об отсутствии патологических процессов в молочной железе. При этом данные животные имели индекс выявления мастита до 1,8. В секрете вымени 4,9% коров содержалось 301–400 тыс/мл СК, индекс MDi составлял 1,8–2,0, а клиническое исследование животных



Рис. 3. Индекс обнаружения мастита (MDi)

Fig. 3. Mastitis detection index (MDi)

показало наличие субклинического мастита у 3,6% особей. Количество СК на уровне 401–700 тыс/мл установлено у 9,8% исследуемых коров, индекс MDi у которых был в диапазоне 2,0–2,2, и все животные имели воспалительные процессы в молочной железе, при этом клиническая и субклиническая формы выявлены у 7,1 и 14,3% особей соответственно. Свыше 701 тыс/мл СК в молоке выявлено у одной коровы, что составляет 1,6% от всех исследованных животных, индекс MDi составил более 2,2, а при клиническом обследовании установлен клинический мастит (3,6%). Результаты исследования представлены в таблице.

При проведении ПЦР-исследования из образцов секрета молочной железы больных маститом коров было выделено 14 бактериальных изолятов. Этиологический спектр возбудителей контагиозных маститов в 100% проб представлен *Staphylococcus* spp. (*St. epidermidis*, *St. saprophyticus*, *St. haemolyticus*), в 25,0 и 12,5% – *Streptococcus agalactiae* и *Staphylococcus aureus* соответственно. В 37,5% проб выделена *Escherichia coli*, приводящая к развитию колиформного мастита у коров.

Микробиологические исследования проб секрета молочной железы от животных с подтвержденным диагнозом «мастит» показали наличие в 100% проб микроорганизма внешней среды *Enterococcus faecium*. В 62,5 и 37,5% проб обнаружены *Escherichia coli* и *Staphylococcus epidermidis* соответственно. *Staphylococcus aureus* выделен в 12,5% проб.

Таким образом, микробиологические и ПЦР-исследования являются методами определения этиологии мастита, дополняющими друг друга и позволяющими определить более широкий спектр возбудителей и подобрать эффективную терапию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для обнаружения той или иной формы мастита, назначения лечения и прогнозирования течения заболевания необходимо использовать все имеющиеся инструменты диагностики (клинический осмотр, применение экспресс-теста, подсчет количества СК, анализ данных электропроводности молока, микробиологические и ПЦР-исследования). Результаты исследования показали, что среднее значение индекса выявления мастита варьировало от 1,03 до 1,41, при этом минимальная и максимальная величина находились на уровне 1,0 и 11,1 соответственно. Диагностическое увеличение индекса MDi в пределах 1,8–2,2 наблюдали у 24,6% животных. Достоверное повышение индекса MDi более 2,2 установлено у 21,3% высокопродуктивных коров.

Таблица

Соматические клетки в секрете молочной железы исследуемых коров (n = 61)

Table
Somatic cell counts in mammary gland secretion collected from tested cows (n = 61)

Количество СК, тыс/мл	Количество животных	
	n	%
до 200	28	45,9
201–300	23	37,7
301–400	3	4,9
401–700	6	9,8
свыше 701	1	1,6

У животных с уровнем MDi более 1,8 мастит выявлен в 28,6% случаев, при этом клиническую и субклиническую формы воспаления имели 7,1 и 21,4% особей соответственно. Исследование секрета вымени коров показало, что среднее количество СК за исследуемый период находилось в диапазоне до 200 тыс/мл у 45,9% животных; уровень СК 201–300 тыс/мл был определен у 37,7% особей, при этом индекс MDi у данных животных составил до 1,8. В секрете молочной железы 4,9% коров содержалось 301–400 тыс/мл СК, в то время индекс MDi равнялся 1,8–2,0. Количество СК на уровне 401–700 и свыше 701 тыс/мл установлен у 9,8 и 1,6% исследуемых коров соответственно, индекс MDi у этих животных был в диапазоне 2,0–2,2. Микробиологические и ПЦР-исследования проб секрета молочной железы от животных с маститом показали наличие спектра возбудителей, вызывающих контагиозный и колиформный мастит: *Staphylococcus* spp. (*St. epidermidis*, *St. saprophyticus*, *St. haemolyticus*), *Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Enterococcus faecium*. Расчет коэффициента корреляции между индексом MDi и диагностируемым маститом составил +0,78. Учитывая наставления, описанные в руководстве пользователя доильной системы VMS™ V300, где значения индекса MDi условно делятся на диапазоны: ниже 1,8 – «здоровое вымя», 1,8–2,2 – «необходимо обратить внимание», более 2,2 – «мастит», проведенные исследования подтверждают возможность использования данного индекса в качестве дополнительного метода диагностики мастита, позволяющего на первоначальном этапе принять своевременные меры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов Н. МАСТИТое животноводство: как лечить воспаление вымени у коров. *Эффективное животноводство*. 2021; 1 (167): 72–78. EDN: UFVEIL.
2. Шкуратова И. А., Ряпосова М. В., Шилова Е. Н., Соколова О. В., Белоусов А. И., Красноперов А. С. и др. Воспроизводство стада – основа эффективного производства молока: монография. Екатеринбург: ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН; 2020. 110 с. EDN: FRGMWL.
3. Бронзо В. Бактериальные биопленки. Роль формирования биопленок в патогенезе *Staphylococcus aureus*. *БИО*. 2018; 5 (212): 12–13. EDN: XYUHNJ.
4. Давыдова Т. Г., Дроздова Л. И. Сравнительная морфология молочной железы высокопродуктивных коров при нисходящем и восходящем маститах. *Аграрный вестник Урала*. 2011; (9): 20–22. EDN: PAPWRF.
5. Zhykaidar A., Oryntaev K., Altenov A., Kyplybai E., Chayxmet E. Prevention of bovine mastitis through vaccination. *Archives of Razi Institute*. 2021; 76 (5): 1381–1387. DOI: 10.22092/ari.2021.356008.1764.
6. Исакова М. Н., Ряпосова М. В., Безбородова Н. А., Брицина О. А. Микробиологический фон при воспалении молочной железы у высокопродуктивных коров. *Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии»*. 2017; 2 (22): 63–67. EDN: ZAHIQN.
7. Внедрение в сельское хозяйство современного автоматизированного оборудования и техники. *Стратегические задачи по научно-технологическому развитию АПК: сборник трудов конференции (8–9 февраля 2018 г.)*. Под ред. И. М. Донник, Б. А. Воронина, О. Г. Лоретц. Екатеринбург: Уральский ГАУ; 2018. 106 с. EDN: TPHOSS.
8. Rodenburg J. Robotic milking: technology, farm design, and effects on work flow. *J. Dairy Sci.* 2017; 100 (9): 7729–7738. DOI: 10.3168/jds.2016-11715.
9. Баркова А. С., Шурманова Е. И. Влияние системы добровольного роботизированного доения на состояние сосков и здоровье вымени коров. *Аграрный вестник Урала*. 2017; (3): 12–17. EDN: YPLGAD.
10. Шарипов Д. Р., Галимуллин И. Ш., Мухаметшин З. З. Технологические свойства коров при использовании системы добровольного доения. *Вестник ИргСХА*. 2017; 81/1: 49–55. EDN: ZFLVBV.
11. Донник И. М., Воронин Б. А., Лоретц О. Г., Кот Е. М., Воронина Я. В. Российский АПК – от импорта сельскохозяйственной продукции к экспортно-ориентированному развитию. *Аграрный вестник Урала*. 2017; (3): 59–66. EDN: WDMNSZ.
12. Морозова Н. И., Садилов Р. З., Жарикова О. В. Технология доения коров в системе VMS добровольного доения роботом. *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева*. 2016; (4): 37–40. EDN: XWKZVD.
13. Никифоров В. Е., Никитин Л. А., Углин В. К. Условия получения качественного молока при применении автоматизированных технологий доения DeLaval. *Вестник ВНИИМЖ*. 2019; (1): 190–195. EDN: ZAIRIT.
14. Симонов Г. А., Никифоров В. Е., Иванова Д. А., Филиппова О. Б. Роботизированная технология доения коров повышает эффективность производства молока. *Наука в центральной России*. 2020; 5 (47): 74–81. DOI: 10.35887/2305-2538-2020-5-74-81.
15. Симонов Г. А., Никифоров В. Е., Сереброва И. С., Иванова Д. А., Филиппова О. Б. Влияние роботизированного доения на качество молока. *Наука в центральной России*. 2020; 2 (44): 117–124. DOI: 10.35887/2305-2538-2020-2-117-124.
16. Третьяков Е. А. Молочная продуктивность коров и качество молока при различных технологиях содержания и доения. *Молочно-хозяйственный вестник*. 2021; 4 (44): 88–102. DOI: 10.52231/2225-4269_2021_4_88.
17. Тяпугин Е. А., Тяпугин С. Е., Углин В. К., Никифоров В. Е. Особенности роботизированной технологии доения высокопродуктивных коров на современных комплексах. *Достижения науки и техники АПК*. 2015; 29 (2): 57–58. EDN: TMZGEN.
18. Филиппова Е. Е. Автоматизированное и роботизированное доение: сравнительный анализ. *Молочная промышленность*. 2020; 7: 61–63. EDN: BSWITQ.
19. Шарипов Д. Р., Галимуллин И. Ш. Особенности доения коров при эксплуатации автоматизированных систем доения «Astronaut A4». *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана*. 2018; 236 (4): 208–212. DOI: 10.31588/2413-4201-1883-236-4-208-212.
20. Шарипов Д. Р., Якимов О. А., Галимуллин И. Ш. Особенности использования роботизированной системы доения в молочном скотоводстве. *Техника и технологии в животноводстве*. 2021; (3): 17–21. DOI: 10.51794/27132064-2021-3-17.
21. Hogenboom J. A., Pellegrino L., Sandrucci A., Rosi V., D'Incecco P. Invited review: Hygienic quality, composition, and technological performance of raw milk obtained by robotic milking of cows. *J. Dairy Sci.* 2019; 102 (9): 7640–7654. DOI: 10.3168/jds.2018-16013.
22. Lusi I., Antane V., Laurs A. Effectiveness of mastitis detection index for cow monitoring and abnormal milk detection in milking robots. In: *16th International Scientific Conference Engineering for Rural Development (Jelgava, May 24–26, 2017)*. 2017; 1383–1387. DOI: 10.22616/ERDev2017.16.N314.
23. Denis-Robichaud J., Cerri R. L. A., Jones-Bitton A., LeBlanc S. J. Survey of reproduction management on Canadian dairy farms. *J. Dairy Sci.* 2016; 99 (11): 9339–9351. DOI: 10.3168/jds.2016-11445.
24. John A. J., Freeman M. J., Kerrisk K. F., Garcia S. C., Clark C. E. F. Robot utilisation of pasture-based dairy cows with varying levels of milking frequency. *Animal*. 2019; 13 (7): 1529–1535. DOI: 10.1017/S1751731118003117.
25. Penry J. F., Crump P. M., Hernandez L. L., Reinemann D. J. Association of milking interval and milk production rate in an automatic milking system. *J. Dairy Sci.* 2018; 101 (2): 1616–1625. DOI: 10.3168/jds.2016-12196.
26. Исакова М. Н., Лиходеевская О. Е., Бюллер А. В., Двина Л. Д. Оценка состояния здоровья молочной железы коров по показателям качества молока. *Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии*. 2018; (4): 122–125. DOI: 10.17238/issn2072-6023.2018.4.122.

REFERENCES

1. Borisov N. MASTIToe zhitovnovodstvo: kak lechit' vospalenie ymeni u korov = Mastitis in animal industry; how to treat udder inflammation in cows. *Effektivnoe zhitovnovodstvo*. 2021; 1 (167): 72–78. EDN: UFVEIL. (in Russ.)
2. Shkuratova I. A., Ryaposova M. V., Shilova E. N., Sokolova O. V., Belousov A. I., Krasnoperov A. S., et al. Herd reproduction is the basis for efficient milk production. Ekaterinburg: FSBSI UrFASRC, UrB of RAS; 2020. 110 p. EDN: FRGMWL. (in Russ.)
3. Bronzo V. Bakterial'nye bioplenki. Rol' formirovaniya bioplenok v patogeneze *Staphylococcus aureus* = Bacterial biofilms. Role of biofilm development in *Staphylococcus aureus* pathogenesis. *BIO*. 2018; 5 (212): 12–13. EDN: XYUHNJ. (in Russ.)
4. Davydova T. G., Drozdova L. I. The comparative morphology of the dairy gland of highly productive cows under descending and ascending mastitis. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2011; (9): 20–22. EDN: PAPWRF. (in Russ.)
5. Zhykaidar A., Oryntaev K., Altenov A., Kyplybai E., Chayxmet E. Prevention of bovine mastitis through vaccination. *Archives of Razi Institute*. 2021; 76 (5): 1381–1387. DOI: 10.22092/ari.2021.356008.1764.
6. Isakova M. N., Riaposova M. V., Bezborodova N. A., Britsina O. A. Microbiological background with inflammation of breast of high-productive cows. *Russian Journal "Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology"*. 2017; 2 (22): 63–67. EDN: ZAHIQN. (in Russ.)
7. Vnedrenie v sel'skoe khozaystvo sovremennoogo avtomatizirovannogo oborudovaniya i tekhniki = Putting modern automated equipment and technologies in agricultural practice. *Strategicheskie zadachi po nauchno-tekhnologicheskomu razvitiyu APK: sbornik трудов konferentsii (8–9 fevralya 2018 g.) = Strategic tasks for the scientific and technological development of the agro-industrial complex: Conference Proceedings (8–9 February, 2018)*. Ed. by I. M. Donnik, B. A. Voronin, O. G. Lorets. Ekaterinburg: Ural SAU; 2018. 106 p. EDN: TPHOSS. (in Russ.)
8. Rodenburg J. Robotic milking: technology, farm design, and effects on work flow. *J. Dairy Sci.* 2017; 100 (9): 7729–7738. DOI: 10.3168/jds.2016-11715.
9. Barkova A. S., Shurmanova E. I. Influence of system of voluntary robotic milking on the condition of teats and health of the udder of cows. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2017; (3): 12–17. EDN: YPLGAD. (in Russ.)
10. Sharipov D. R., Galimullin I. Sh., Mukhametshin Z. Z. Technological properties of cows under a system of voluntary milking. *Vestnik IrgSXA*. 2017; 81/1: 49–55. EDN: ZFLVBV. (in Russ.)
11. Donnik I. M., Voronin B. A., Lorets O. G., Kot E. M., Voronina Ya. V. Russian agrarian and industrial complex – from import of agricultural production to the export-oriented development. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2017; (3): 59–66. EDN: WDMNSZ. (in Russ.)
12. Morozova N. I., Sadikov R. Z., Zharikova O. V. The technology of milking cows in the system VMS voluntary milking robot. *Herald of Rязan State Agrotechnological University Named after P. A. Kostychev*. 2016; (4): 37–40. EDN: XWKZVD. (in Russ.)
13. Nikiforov V. E., Nikitin L. A., Uglin V. K. The high-quality milk obtaining conditions at DeLaval milking automated technologies using. *Journal of VNIIMZh*. 2019; (1): 190–195. EDN: ZAIRIT. (in Russ.)
14. Simonov G. A., Nikiforov V. E., Ivanova D. A., Filippova O. B. Robotic technology milking the cows increases the efficiency of milk production. *Science in the Central Russia*. 2020; 5 (47): 74–81. DOI: 10.35887/2305-2538-2020-5-74-81. (in Russ.)
15. Simonov G. A., Nikiforov V. E., Serebrova I. S., Ivanova D. A., Filippova O. B. Influence of robotized milking on quality of cow milk. *Science in the Central Russia*. 2020; 2 (44): 117–124. DOI: 10.35887/2305-2538-2020-2-117-124. (in Russ.)

16. Tret'yakov E. A. Dairy productivity of cows and milk quality with various technologies of keeping and milking. *Dairy Farming Journal*. 2021; 4 (44): 88–102. DOI: 10.52231/2225-4269_2021_4_88. (in Russ.)
17. Тыапугин Е. А., Тыапугин С. Е., Углин В. К., Никифоров В. Е. Special features of robotic technology of milking of highly productive cows in modern complexes. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2015; 29 (2): 57–58. EDN: TMZGEN. (in Russ.)
18. Filippova E. E. Automated and robotic milking: comparative analysis. *Dairy Industry*. 2020; 7: 61–63. EDN: BSWITQ. (in Russ.)
19. Sharipov D. R., Galimullin I. Sh. Special features of milking cows in the exploitation of automatic milking system "Astronaut A4". *Scientific notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2018; 236 (4): 208–212. DOI: 10.31588/2413-4201-1883-236-4-208-212. (in Russ.)
20. Sharipov D. R., Yakimov O. A., Galimullin I. Sh. Features of robotic milking system at dairy cattle breeding using. *Machinery and technologies in livestock*. 2021; (3): 17–21. DOI: 10.51794/27132064-2021-3-17. (in Russ.)
21. Hogenboom J. A., Pellegrino L., Sandrucci A., Rosi V., D'Incecco P. Invited review: Hygienic quality, composition, and technological performance of raw milk obtained by robotic milking of cows. *J. Dairy Sci*. 2019; 102 (9): 7640–7654. DOI: 10.3168/jds.2018-16013.
22. Lusi I., Antane V., Laurs A. Effectiveness of mastitis detection index for cow monitoring and abnormal milk detection in milking robots. In: *16th International Scientific Conference Engineering for Rural Development (Jelgava, May 24–26, 2017)*. 2017; 1383–1387. DOI: 10.22616/ERDev2017.16.N314.
23. Denis-Robichaud J., Cerri R. L. A., Jones-Bitton A., LeBlanc S. J. Survey of reproduction management on Canadian dairy farms. *J. Dairy Sci*. 2016; 99 (11): 9339–9351. DOI: 10.3168/jds.2016-11445.
24. John A. J., Freeman M. J., Kerrisk K. F., Garcia S. C., Clark C. E. F. Robot utilisation of pasture-based dairy cows with varying levels of milking frequency. *Animal*. 2019; 13 (7): 1529–1535. DOI: 10.1017/S1751731118003117.
25. Penry J. F., Crump P. M., Hernandez L. L., Reinemann D. J. Association of milking interval and milk production rate in an automatic milking system. *J. Dairy Sci*. 2018; 101 (2): 1616–1625. DOI: 10.3168/jds.2016-12196.
26. Isakova M. N., Likhodeevskaya O. E., Bueller A. V., Dvinina L. D. Assessment of the condition of health of the mammary gland of cows by indicators of milk quality. *Legal regulation in veterinary medicine*. 2018; (4): 122–125. DOI: 10.17238/issn2072-6023.2018.4.122. (in Russ.)

Поступила в редакцию / Received 21.02.2023

Поступила после рецензирования / Revised 13.03.2023

Принята к публикации / Accepted 28.04.2023

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Исакова Мария Николаевна, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник отдела репродуктивной биологии и неонатологии ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия; <https://orcid.org/0000-0001-7130-5627>, e-mail: tmarya105@yandex.ru.

Ряпосова Марина Витальевна, доктор биологических наук, доцент, заместитель директора по научной работе ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-5699-3924>, e-mail: riaposova76@mail.ru.

Mariya N. Isakova, Candidate of Science (Veterinary Medicine), Senior Researcher, Department of Reproductive Biology and Neonatology, FSBSI UrFASRC, UrB of RAS, Ekaterinburg, Russia; <https://orcid.org/0000-0001-7130-5627>, e-mail: tmarya105@yandex.ru.

Marina V. Ryaposova, Doctor of Science (Biology), Associate Professor, Deputy Director for Science, FSBSI UrFASRC, UrB of RAS, Ekaterinburg, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-5699-3924>, e-mail: riaposova76@mail.ru.