Дата публикации: 01.06.2023
DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_02_9
УДК 612.13

Publication date: 01.06.2023
DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_02_9
UDC 612.13

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Т.В. Ипполитова[1], Е.Е. Степура[2], С.В. Кузнецов[1]
[1]Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина, г. Москва, Россия
[2]Московский городской педагогический университет, Россия, г. Москва, Россия

Аннотация. Исследования сердца важны в ветеринарной практике из-за недостаточного внимания к заболеваниям сердца у крупного рогатого скота на современном этапе развития ветеринарной медицины. Анализ вариабельности сердечного ритма является широко используемым методом в медицинской практике для оценки вегетативной регуляции и состояния сердца. Математический анализ сердечного ритма для определения состояния вегетативной нервной системы важен для патогенетического лечения многих заболеваний. На современном этапе развития общества важное место занимает вопрос удовлетворения потребностей населения в молочных продуктах. По этой причине животноводческая отрасль развивается быстрыми темпами. Однако при совершенствовании молочного скотоводства необходимо учитывать физиологические возможности и особенности животных на всех этапах их онтогенеза. Изучение сердечно-сосудистой системы имеет большое значение в ветеринарной лечебно-профилактической работе.
Ключевые слова: сердечно-сосудистая система, вегетативный статус, электрокардиограмма.

ANALYSIS OF ELECTROPHYSIOLOGICAL INDICATORS OF HEART RATE VARIABILITY IN CATTLE

T.V. Ippolitova[1], E.E. Stepura[2], S.V. Kuznetsov[1]
[1]Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Skryabin, Moscow, Russia
[2]Moscow City University, Moscow, Russia

Annotation. Heart research is important in veterinary practice due to insufficient attention to heart diseases in cattle at the present stage of development of veterinary medicine. Analysis of heart rate variability is a widely used method in medical practice to assess autonomic regulation and state of the heart. Mathematical analysis of heart rate rhythms to identify state of the autonomic nervous system is important for the pathogenetic treatment of many diseases. At the present stage of development of society, an important place is occupied by the issue of meeting the needs of the population in dairy products. For this reason, the livestock industry is developing rapidly. However, when improving dairy cattle breeding, it is necessary to take into account the physiological capabilities and features of animals at all stages of their ontogeny. The cardiovascular system study is of great importance in veterinary medical and preventive work.
Keywords: cardiovascular system, autonomic status, electrocardiogram.

Введение. Джерсейская порода – одна из старейших пород жирномолочного скота в мире. Разведение этого скота началось на острове Джерси, отсюда и название «джерсейская». Долгое время эта порода оставалась чистопородной, а начиная с XIX века она экспортировалась в США и Великобританию, а затем распространилась по всему миру [1-3].

Данная порода может производить более 5000 литров молока в год и является самой высокожирной молочной породой, а при хорошем питании этот показатель может достигать 10 000 литров. Среднее

содержание жира в молоке составляет не менее 6%. Именно из-за такого содержания жира, белка и кальция фермеры покупают это животное [4-6].

В источниках отсутствуют электрофизиологические параметры вариабельности сердечного ритма (ВСР) электрокардиограммы коров джерсейской породы. Данные показатели могли бы учитывать тонкий механизм вегетативной регуляции сердца, что добавило бы данных в ветеринарную медицину, позволило ей расширить свою базу диагностики самых распространённых заболеваний сердца у данной породы, так как между молочной продуктивностью и сердечно-сосудистой системой существует взаимосвязь [7-13].

В связи с этим, целью данной научной работы является анализ изменений электрофизиологических показателей вариационной пульсометрии зубца Р, Т и интервала Р-Q у коров джерсейской породы с разным индексом напряжения регуляторных систем и молочной продуктивностью.

Задачи данной исследовательской работы заключаются в следующем:

1) Провести электрокардиографическую регистрацию крупного рогатого скота (джерсейская порода);

2) Провести математический анализ ВСР у крупного рогатого скота – коров джерсейской породы, используя новейшую комбинированную электрофизиологическую лабораторию “CONAN-4.5”;

3) Установить исходное вегетативное состояние путем расчета индекса напряжения (ИН) регуляторной системы животных;

4) Установить молочную продуктивность коров джерсейской породы в зависимости от исходного вегетативного тонуса (ИВТ);

5) Проанализировать молочную продуктивность коров джерсейской породы в зависимости от электрофизиологических параметров электрокардиограммы (ЭКГ).

Методы и организация исследования. Исследования крупного рогатого скота – джерсейской породы проводились в ООО «Вакинское Агро», Рыбновский район, Рязанская область, село Вакино.

Методы клинического исследования включали осмотр области сердца, пальпацию, перкуссию и аускультацию в соответствии с методикой клинического обследования животных по Б.В. Уша.

Данные методы обследования проводились в присутствии ветеринарного врача, и весь крупный рогатый скот Джерси был клинически здоров. Показатели ЭКГ и вариабельность сердечного ритма были изучены у 103 коров.

Для анализа и записи ЭКГ джерсейского скота использовали программу “CONAN-4.5” на фронтальной отводящей системе по методу М.П. Рощевского. ЭКГ записывали за два-три часа до еды. Статистическую обработку полученных данных проводили в программе Statistica 10.0 for Windows и рассчитывали следующие параметры: среднее арифметическое (M), ошибку среднего арифметического (m), t-критерий Стьюдента. Различия считались значимыми при $p<0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Полученные ЭКГ животных, проанализированные с помощью программы “CONAN-4.5” значения зубцов Р, Т, интервала Р-Q и молочной продуктивности в зависимости от вегетативного гомеостаза представлены в таблице.

Проанализировав данные, мы предложили следующую оценку ИВТ по индексу напряжения для исследуемых животных. Среди всего массива животных наибольшее количество коров-«симпатикотоников», для которых характерно преобладание симпатического отдела вегетативного тонуса над парасимпатическим (что составило 50,5%) ИН данной группы – 151-250 усл.ед. Наименьшее количество – «ваготоники», у которых преобладает парасимпатический отдел вегетативной нервной системы (ВНС) над симпатическим. Количество таких коров составило 8,7%, а ИН данной группы – менее 50 усл.ед. «Нормотоники», характеризующиеся сбалансированным состоянием

регуляторных систем ВНС – 24,3%, ИН – 51-150 усл.ед. Соответственно количество «гиперсимпатикотоников» – 16,5% с ИН более 251 усл.ед.

Группы были сформированы по принципу вегетативной регуляции, которая рассчитывалась на основе показателей индекса напряжения.

Таблица

Электрофизиологические показатели электрокардиограммы коров джерсейской породы в зависимости от индекса напряжения регуляторных систем

ИН, усл.ед.	ИВТ по ИН	Зубец Р, с	Зубец Т, с	Интервал Р-Q, с	Молочная продуктивность, кг
≤50	ваготония	0,079±0,001	0,129±0,01	0,27±0,01	5448±162,1
51-150	нормотония	0,081±0,001	0,134±0,01	0,21±0,01	5697±131,2
151-250	симпатикотония	0,088±0,001	0,146±0,01	0,15±0,01	5903±196,5
≥251	гиперсимпатикотония	0,096±0,001	0,165±0,01	0,12±0,01	5668±189,7

Примечание: ИН – индекс напряжения регуляторных систем; ИВТ – исходный вегетативный тонус; достоверность различий зубца-Р, -Т, интервала Р-Q и молочная продуктивность оценивалась между группами с применением t-критерия Стьюдента, $p<0,05$

В группе с ИВТ «ваготоники» парасимпатические нервы преобладают над симпатическими, и зубец Р составляет 0,079±0,001 с ($p<0,05$). Это значение меньше, чем у «нормотоников», «симпатикотоников» и «гиперсимпатикотоников» – 0,002 с, 0,009 с и 0,017 с соответственно.

Значение зубца Р при «нормотонии» составляет 0,081±0,001 с ($p<0,05$), что указывает на вегетативное равновесие между парасимпатической и симпатической нервными системами и напряжение в парасимпатической ВНС. Это значение на 0,002 с больше при «ваготонии», на 0,007 с меньше при «симпатикотонии» и на 0,015 с меньше при «гиперсимпатикотонии».

В группе с преобладанием симпатической активности, характеризующейся симпатическим сдвигом вегетативного баланса, значение зубца Р составляет 0,088±0,001 с ($p<0,05$). Это значение на 0,009 с и 0,007 с больше, чем у животных с ИВТ «ваготония» и «нормотония» соответственно, и на 0,008 с меньше, чем у коров джерсейской породы с ИВТ «гиперсимпатикотония».

«Гиперсимпатикотоники» характеризуются интервалом между сердечными сокращениями 0,096±0,001 с ($p<0,05$), самым низким среди других групп. Эти значения на 0,017 с, 0,015 с и 0,008 с больше, чем у «ваготоников», «нормотоников» и «симпатикотоников» соответственно.

Таким образом, самое высокое значение зубца Р, который характеризует возбудимость предсердий, наблюдается у гиперсимпатикотоников.

В формировании сердечного диполя участвует функциональная ткань миокарда, составляющая основной объем сердца. Увеличение одного из основных элементов зубца Р ЭКГ указывает на врожденный потенциал циркуляции большего объема крови из-за повышения центрального объема крови в результате большего количества внесосудистой жидкости, поступающей к кровотоку высокопродуктивных коров.

Конечная часть желудочкового комплекса представлена зубцом Т и сегментом S-T и рассматривается как электрофизиологический показатель функционального состояния миокарда на уровне метаболизма.

Как показали наши исследования, длительность зубца Т неодинакова среди животных с разными исходным вегетативным тонусом и реактивностью. Определена достоверность различий длительности зубца Т разных групп телочек. У животных с исходным вегетативным тонусом

«симпатикотония» и «гиперсимпатикотония» наблюдается увеличение длительности зубца Т, что составляет 0,146±0,01 с и 0,165±0,01 с ($p<0,05$) соответственно. Уменьшение длительности зубца Т обнаружено у животных с исходным вегетативным тонусом «ваготония» и «нормотония» и составило 0,129±0,01 с ($p<0,05$) и 0,134±0,01 с ($p<0,05$) соответственно.

Таким образом, более полный зубец Т говорит об улучшенном кровоснабжении сердечной мышцы, а также о полноценных метаболических процессах, что может служить признаком достаточного обеспечения сердечной деятельности соответствующими биохимическими процессами. Такое сердце позволяет циркулировать большему количеству крови, что говорит о большой потенциальной возможности развития лактации. При повышении значения зубца Т увеличивается симпатическая активность ВНС, а уменьшение наблюдается при раздражении парасимпатической ВНС.

Для ваготоников значение интервала P-Q – 0,27±0,01 с ($p<0,05$), у данной группы преобладает парасимпатический отдел вегетативной нервной системы.

Значение показателя интервала P-Q у нормотоников – 0,21±0,01 с ($p<0,05$), характеризовалось равновесным состоянием ВНС между парасимпатическим и симпатическим отделами.

У группы симпатикотоников значение интервала P-Q – 0,15±0,01 с ($p<0,05$), характеризовалось смещением вегетативного баланса в сторону симпатического отдела вегетативной нервной системы, а для гиперсимпатикотоников – 0,12±0,01 с ($p<0,05$).

Наибольшая молочная продуктивность за 305 дней наблюдалась у коров, с предполагаемым ИВТ «симпатикотония» и «нормотония» – 5903,35±196,5 кг ($p<0,05$) и 5696,52±131,9 кг ($p<0,05$) соответственно. Это свидетельствует о том, что организм здоровых коров с наивысшей молочной продуктивностью имеет достаточные функциональные резервы обмена веществ и энергии, чтобы справиться с нагрузкой, вызванной процессом лактации, за счет поддержания вегетативного гомеостаза и рабочего напряжения так называемой регуляторной системы. В наших исследованиях в двух группах животных наблюдалось преобладание автономных регуляторных контуров: самый низкий показатель удоя составил 5448,2±162,2 кг ($p<0,05$) у коров с ИН ниже 50 усл.ед. и предполагаемым ИВТ «ваготония».

Исследуемый крупный рогатый скот с предполагаемым ИВТ «гиперсимпатикотония» имел более низкий показатель удоя по сравнению с «симпатикотониками» – 5667,6±189,7 кг ($p<0,05$). Эта группа коров характеризуется повышенным симпатическим тонусом в вегетативной нервной системе, что указывает на интенсивный контроль сердечного ритма. Постоянная активация центральных контуров управления приводит к постоянному напряжению в системе управления. Такая неадекватность адаптивных механизмов снижает надежность биологической системы, что характеризует переход от здоровья к болезни. Это свидетельствует о том, что функциональные резервы, затрачиваемые механизмами вегетативной регуляции на адаптацию к лактации, недостаточны, что приводит к изменению вегетативного гомеостаза.

В таблице показана взаимосвязь между удоем и полученными значениями зубцов и интервала P-Q. Результаты наших исследований показали, что значения зубцов Р и Т не были одинаковыми у коров джерсейской породы с разным удоем. Исследуемая группа животных с наименьшим удоем имела самые низкие значения зубцов Р и Т – 0,079±0,001 с ($p<0,05$) и 0,129±0,01 с ($p<0,05$) соответственно с предположительным ИВТ – «ваготония». При увеличении симпатической активности вегетативной нервной системы значения зубцов Р и Т увеличились до 0,088±0,001 с ($p<0,05$) и 0,146±0,01 с ($p<0,05$) соответственно, наблюдалось увеличение удоя.

Таким образом, наблюдаются изменения в продолжительности зубцов Р и Т в

зависимости от типа вегетативного состояния. У животных с преобладанием симпатического вегетативного состояния длительность анализируемых зубцов увеличивается, и соответственно повышается молочная продуктивность.

Коровы с самой высокой молочной продуктивностью имеют низкий индекс интервала P-Q – 0,15±0,01 с ($p<0,05$), а коровы с самой низкой молочной продуктивностью – 0,27±0,01 с ($p<0,05$). Таким образом, видно, что интервал P-Q уменьшается с увеличением молочной продуктивности.

Следовательно, повышение значения зубца Р может быть связано с увеличением предсердий, так как кровоток коров Джерси с более высокой молочной продуктивностью увеличивает объем внесосудистой жидкости в кровотоке, что приводит к увеличению объема циркулирующей крови, которая увеличивает венозный возврат и наполнение предсердий, что приводит к их гипертрофии. Зубец Т считается показателем функционального состояния миокарда, а полный зубец Т указывает на то, что улучшено кровоснабжение миокарда и адекватный метаболизм.

Заключение. При анализе молочной продуктивности за 305 дней выяснилось, что при увеличении активности от «ваготонии» до «симпатикотонии» молочная продуктивность увеличивается. Скорее всего это связано с тем, что при активации симпатической вегетативной нервной системы усиливается активность гормона окситоцина, который влияет на интенсивность молокоотдачи. У «гиперсимпатикотоников» скорее всего наблюдаются гиперфункции сердечной деятельности, происходит уменьшение молочной продуктивности. В своих исследованиях мы установили взаимосвязь: при увеличении зубца Т и Р происходит повышение активности молочной продуктивности, а при уменьшении интервала P-Q молочная продуктивность увеличивается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баевский, Р. М. Анализ вариабельности сердечного ритма в космической медицине / Р. М. Баевский // Физиология человека. – 2002. – Т. 28. – № 2. – С. 70-82.
2. Баевский, Р. М. К проблеме прогнозирования функционального состояния человека в условиях длительного космического полета / Р. М. Баевский // Физиол. Журн. СССР. – 1972. – № 6. – С.819-827.
3. Баевский, Р. М. Кибернетический анализ процессов управления сердечным ритмом. Актуальные проблемы физиологии и патологии кровообращения / Р. М. Баевский. – М.: Медицина, 1976. – С. 161-175.
4. Баевский, Р. М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии / Р. М. Баевский. – М.: Медицина, 1979. – 205 с.
5. Ипполитова, Т. В. Математический анализ регуляции сердечного ритма у коров / Т. В. Ипполитова // Регуляция физиологических функций продуктивных животных. Межвуз. сб. науч. тр. – М., 1993. – С. 17-20.
6. Копылов, С. Н. Показатели ЭКГ и вариабельность ритма сердца у коров при миокардиодистрофии / С. Н. Копылов // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2011. – № 2. – С. 45-48.
7. Петров, П. Е. Некоторые данные по методике электрокардиографии новорожденных телят / П. Е. Петров // Ветеринария. – 1965. – № 12. – С.54-57.
8. Рощевский, М. П. Электрическая активность сердца и методы съемки электрокардиограмм у крупного рогатого скота / М. П. Рощевский. – Свердловск: Уральск. науч.-исслед. с.-х. ин-т и гос. ун-т, 1958. – 79 с.
9. Прошева В. И. Морфофизиологическая характеристика миокардиальных волокон в желудочках сердца северных оленей и коров / В. И. Прошева, И. В. Клюшина, М. П. Рощевский // Эколого-физиологические исследования в природе и эксперименте: Тез. докл. V Всесоюз. конф. по экологической физиологии и морфологии. Фрунзе, 1977. – С. 369-370.
10. Рощевская, И. М. Кардиоэлектрическое поле теплокровных животных и человека / И. М. Рощевская. – СПб.: Наука, 2008. – 250 с.
11. Рощевский, М. П. Эволюционная электрокардиология / М. П. Рощевский. – Л.: Наука, 1972. – 252 с.

12.Heart rate variability: a review / Acharya U. R., Joseph K. P., Kannathal N. [et al] // Med Bio Eng Comput. – 2006. – Vol. 44. – pp. 1031-1051.
13.Adam, D. R. Fluctuations in T-wave morphology and susceptibility to ventricular fibrillation / D. R. Adam, J. M. Smith, S. Akselrod // J. Electrocardiol. – 1984. – № 17(3). – pp. 209-218.

REFERENCES

1. Baevskij R.M. Analysis of heart rate variability in space medicine. *Human Physiology*, 2002, vol. 28, no. 2, pp. 70-82. (in Russ.)
2. Baevskij R.M. On the problem of predicting the functional state of a person under conditions of long-term space flight. *Russian Journal of Physiology*, 1972, no. 6, pp. 819-827. (in Russ.)
3. Baevskij R.M. Cybernetic analysis of heart rate control processes. Relevant problems of physiology and pathology of blood circulation. Moscow: Meditsina, 1976. pp. 161-175. (in Russ.)
4. Baevskij R.M. Predicting states on the verge of norm and pathology. Moscow: Meditsina, 1979. 205 p. (in Russ.)
5. Ippolitova T.V. Mathematical analysis of heart rate regulation in cows. Regulation of Physiological Functions in Productive Animals. Interuniversity collection of scientific works. Moscow, 1993. pp. 17-20. (in Russ.)
6. Kopylov S.N. ECG indices and heart rate variability in cows with myocardial dystrophy. *Legal regulation in veterinary medicine*, 2011, no. 2, pp. 45-48. (in Russ.)
7. Petrov P.E. Some data on electrocardiography of newborn calves. *Veterinaria*, 1965, no. 12, pp. 54-57. (in Russ.)
8. Roschevskij M.P. Electric activity of the heart and methods of shooting electrocardiograms in cattle. Sverdlovsk: Ural Scientific Research Institute and State University, 1958. 79 p. (in Russ.)
9. Prosheva V.I., Klyushina I.V., Roschevskij M.P. Morphophysiological characteristics of myocardial fibers in the heart ventricles of reindeer and cows. Ecological and Physiological Research in Nature and Experiment: abstracts of the V All-Russian Conference on Ecological Physiology and Morphology. Frunze, 1977. pp. 369-370. (in Russ.)
10.Roshchevskaya I.M. Cardiac electric field of warm-blooded animals and humans. St. Petersburg: Nauka, 2008. 250 p. (in Russ.)
11.Roschevskij M.P. Evolutionary electrocardiology. St. Petersburg: Nauka, 1972. 252 p. (in Russ.)
12.Acharya U.R., Joseph K.P., Kannathal N., Lim C.M., Suri J.S. Heart rate variability: a review. *Med Bio Eng Comput*, 2006, vol. 44, pp. 1031-1051.
13.Adam D.R., Smith J.M., Akselrod S. Fluctuations in T-wave morphology and susceptibility to ventricular fibrillation. *J. Electrocardiol*, 1984, no. 17(3), pp. 209-218.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Татьяна Владимировна Ипполитова – доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии, фармакологии и токсикологии им. А.Н. Голикова и И.Е. Мозгова, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина, Москва.
Евгений Евгеньевич Степура – кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и физиологии человека, Московский городской педагогический университет, Москва, e-mail: chimik89@mail.ru.
Сергей Владимирович Кузнецов – кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры физиологии, фармакологии и токсикологии им. А.Н. Голикова и И.Е. Мозгова, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина, Москва.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Tat'yana Vladimirovna Ippolitova – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Physiology, Pharmacology and Toxicology named after A.N. Golikov and I.E. Mozgova, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Skryabin, Moscow.
Evgenij Evgenievich Stepura – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Biology and Human Physiology, Moscow City University, Russia, Moscow, e-mail: chimik89@mail.ru.

Sergej Vladimirovich Kuznetsov – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Physiology, Pharmacology and Toxicology named after A.N. Golikov and I.E. Mozgova, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Skryabin, Moscow.

Для цитирования: Ипполитова, Т. В. Анализ электрофизиологических показателей вариабельности сердечного ритма крупного рогатого скота / Т. В. Ипполитова, Е. Е. Степура, С. В. Кузнецов // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7. – № 2. DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_02_9

For citation: Ippolitova T.V., Stepura E.E., Kuznetsov S.V. Analysis of electrophysiological indicators of heart rate variability in cattle. *Modern Issues of Biomedicine*, 2023, vol. 7, no. 2. DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_02_9