

Е. Е. Степура

Анализ вариабельности сердечного ритма у коров джерсейской породы с разным уровнем вегетативной регуляции

Аннотация.

Цель: анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР) у коров джерсейской породы с разным вегетативным статусом.

Материалы и методы. Показатели электрокардиограммы (ЭКГ) и ВСР изучали на коровах джерсейской породы ($n=103$). Для анализа и снятия ЭКГ у исследуемых животных использовали программу «CONAN-4.5» в системе фронтальных отведений по методике П. М. Рощевского. Клинические методы исследования проводились по методикам клинического осмотра животных Б. В. Уша и включали в себя — осмотр, пальпацию, перкуссию и аускультацию сердечной области.

Результаты. Среди всего исследуемого массива животных наибольшее количество составили симпатикотоники — 50,5%, нормотоников — 24,3%, гиперсимпатикотоников — 16,5%. Наименьшее количество — ваготоники — 8,7%.

Для ваготоников индекс дыхательной модуляции (ИДМ) составил $8,16 \pm 0,02\%$, индекс симпатoadренальной системы — $43 \pm 0,1\%$, а индекс медленноволновой аритмии — $0,8 \pm 0,1\%$. У данной группы коров парасимпатический (ПО) преобладает над симпатическим отделом (СО) вегетативной нервной системы.

Для нормотоников значение ИДМ составило $4,14 \pm 0,03\%$, ИСАС — $96 \pm 0,2\%$, а ИМА — $2,5 \pm 0,2\%$. Данная группа характеризуется равновесным состоянием между СО и ПО ВНС.

ИДМ для симпатикотоников составил $2,78 \pm 0,03\%$, ИСАС — $195 \pm 0,2\%$, а ИМА — $8,2 \pm 0,1\%$. Симпатикотоники характеризуются преобладанием СО ВНС над ПО.

ИДМ для гиперсимпатикотоников составил $1,34 \pm 0,02\%$, ИСАС — $588 \pm 0,1\%$, а ИМА — $11,4 \pm 0,3\%$. Гиперсимпатикотоники характеризуются преобладанием сверхсимпатического отдела вегетативной системы над парасимпатическим.

Заключение. Разделение всего массива на подгруппы на основе вегетативного статуса животных проводилось на основе показателей индекса напряжения регуляторных систем. Для подтверждения корректности разделения исследуемого массива животных на подгруппы проведена статистическая обработка и построена классификационная матрица. Также для подтверждения классификационной матрицы разделения проведена дополнительная статистическая обработка материала различий между полученными группами по квадрату расстояния Махаланобиса D^2 . В ходе дальнейшей регистрации и математического анализа вариабельности сердечного ритма крупного рогатого скота (коров джерсейской породы) с помощью современной комплексной электрофизиологической лаборатории «CONAN-4.5» установлены особенности показателей индексов А. Я. Каплана.

Ключевые слова: коровы, вариабельность ритма сердца, исходный вегетативный тонус, кардиоинтерваломерия, индекс дыхательной модуляции, индекс симпатoadренального тонуса, индекс медленноволновой аритмии.

Автор:

Степура Евгений Евгеньевич — кандидат биологических наук; e-mail: chimik89@mail.ru; ГОУ ВО МО Государственный социально-гуманитарный университет; 140411, Россия, Московская обл., Коломна, Зеленая ул., 30.

Введение. В современных экономических условиях для интенсификации животноводства требуются глубокие и всесторонние знания биологии и физиологии животных. Это необходимо для направленного воздействия на организм животных с целью раскрытия морфофункциональных

закономерностей их развития во все периоды онтогенеза, для разработки и организации полноценного кормления, профилактики и устранения различных заболеваний и получения максимальной продуктивности [1]. Организм животного последовательно претерпевает взаимосвязанные морфо-

логические, биохимические и функциональные изменения, которые обеспечивают функциональные резервы, такие как энергетические, метаболические и информационные ресурсы.

Одним из неинвазивных методов, который можно эффективно использовать для изучения подобных резервов, является кардиоинтервалометрия вариабельности сердечного ритма (ВСР). Развитию данного направления послужили исследования известного отечественного ученого Р. М. Баевского, который впервые ввел в практику ряд комплексных показателей, характеризующих функционирование регуляторных систем организма [2].

Примерами использования в исследованиях данных показателей могут послужить работы, объектом для изучения в которых были выбраны коровы джерсейской породы. На основании установленного индекса напряжения регуляторных систем, основываясь на показателях исходного вегетативного тонуса (ИВТ), изучаемые животные были разделены на подгруппы [3, 4, 5]. Есть также и работы, в которых исследовались различные кормовые добавки, приносящие различные результаты в зависимости от исходного вегетативного тонуса животного [6, 7].

Однако, несмотря на проведенные исследования остается много открытых вопросов. Так, например, исследование показателей индексов Каплана у коров практически не проводилось и их оптимальные значения в доступной литературе не описаны.

Цель исследований — анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР) у коров джерсейской породы с разным вегетативным статусом.

Задачи заключались в следующем:

- 1) проведение регистрации ЭКГ;
- 2) математический анализ ВСР с помощью современной комплексной электрофизиологической лаборатории «CONAN-4.5»;
- 3) установление исходного вегетативного статуса на основе расчета индекса напряжения регуляторных систем;
- 4) статистическая обработка индекса напряжения регуляторных систем для подтверждения корректности разделения на основе классификационной матрицы;
- 5) анализ числовых значений А. Я. Каплана показателей ВСР — индекса дыхательной модуляции (ИДМ), индекса симпатoadреналового тонуса (ИСАТ), индекса медленноволновой аритмии (ИМА), полученных на основе обработки ЭКГ.

Материалы и методы. Исследования проводили на животноводческом ООО «Вакинское Агро», Рыбновский район, Рязанская область, село Вакино. Объектом исследований были коровы джерсейской породы ($n=103$). Клинические методы исследования проводились по методикам клинического осмотра животных Б. В. Уша и включали в себя — осмотр, пальпацию, перкуссию и аускультацию сердечной области. Данные методы исследования проводились в присутствии ветеринарного врача, все коровы джерсейской породы были клинически здоровыми.

Особенность индексов А. Я. Каплана заключается в оценке медленно и быстро волновых компонентов вариабельности кардиоинтервалов без привлечения сложных методов спектрального анализа [8]. Существуют следующие показатели или индексы А. Я. Каплана, которые также отражают активность симпатической и парасимпатической вегетативной нервной системы:

Индекс дыхательной модуляции (ИДМ):

$$\text{ИДМ} = \left(0,5 * \frac{RMSSD}{RRNN} \right) * 100 \%$$

Индекс симпатoadреналового тонуса (ИСАТ):

$$\text{САТ} = \frac{AMo}{\text{ИДМ}} * 100 \%$$

Индекс медленноволновой аритмии (ИМА):

$$\text{ИМА} = \left(1 - 0,5 * \frac{\text{ИДМ}}{CV} \right) * 100 \% - 30$$

Для анализа и снятия ЭКГ животных использовали программу «CONAN-4.5» в системе фронтальных отведений по методике П. М. Рощевского. Регистрация электрокардиограммы проходила за 2–3 часа до кормления. При статистической обработке полученных данных в ходе исследования использовали прикладной пакет Statistica 10,0 с расчетом средней арифметической (M), ошибки средней арифметической (m), t -критерия Стьюдента. Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. Животные были разделены на подгруппы, основываясь на индексе напряжения. На основе индекса напряжения выявлен тип нервной деятельности у крупного рогатого скота, который отражает исходный вегетативный статус животного. Полученные соотношения — типов высшей нервной деятельности (ВНД) у коров джерсейской породы, которые отражают исходный вегетативный статус, рассчитанный на основе индекса напряжения (ИН), представлены в таблице 1.

Среди всего исследуемого массива животных наибольшее количество составили симпатикотоники. Для данной группы характерно смещение вегетативного статуса в сторону преобладания сим-

патического отдела вегетативного тонуса над парасимпатическим отделом ВНС, что составило 50,5%, индекс напряжения регуляторных систем данной группы — 151–250 у.е.

Наименьшее количество — ваготоники. Для данной группы характерно смещение вегетативного статуса в сторону преобладания парасимпатического отдела вегетативной нервной системы над симпатическим отделом ВНС, индекс напряжения регуляторных систем данной группы — менее 50 у.е.

Нормотоников оказалось меньше, чем симпатикотоников на 26,2%. Для данной группы характерно сбалансированное состояние вегетативного статуса регуляторных систем — 24,3%, индекс напряжения регуляторных систем данной группы — 51–150 у.е.

Количество гиперсимпатикотоников составило 16,5%, индекс напряжения регуляторных систем данной группы — более 251 у.е.

Разделение всего массива на подгруппы на основе вегетативного статуса животных проводилось на основе показателей индекса напряжения регуляторных систем.

Для подтверждения корректности разделения исследуемого массива животных на подгруппы, на основе показателей индекса напряжения регуляторных систем, была проведена статистическая обработка и построена классификационная матрица, которая отражает корректность распределения на основе показателей индекса напряжения регуляторных систем (табл. 2).

В группе 1 с предполагаемым исходным вегетативным тонусом «ваготония» наблюдается вы-

пад данных (исследуемых животных). В ходе исследования установлено 9 коров, после статической обработки выбыло 2 объекта в группу 2. Распределение в данной группе составило 77,778%.

В группе 2 с предполагаемым исходным вегетативным тонусом «нормотония» наблюдается выпад данных (исследуемых животных). В ходе исследования установлено 25 исследуемых животных, а после статической обработки выбыло 2 объекта в группу 3. Распределение в данной группе составило 92%.

В группе 3 с предполагаемым исходным вегетативным тонусом «симпатикотония» наблюдается самый высокий процент распределения животных на основе индекса напряжения регуляторных систем, без выпадения животных из данной группы, что составило 100% при $p=0,504$.

В группе 4 с предполагаемым исходным вегетативным тонусом «гиперсимпатикотония» наблюдается самый большой выпад данных (исследуемых животных). В ходе исследования установлено 17 исследуемых животных, а после статической обработки выбыло 5 объекта в группу 3. Распределение в данной группе составило 70,588%.

Таким образом, итоговый процент классификационного разделения животных на основе индекса напряжения регуляторных систем по подгруппам составил 91,26%. Мы установили, что распределение животных на основе индекса напряжения регуляторных систем по группам близко к истинной.

Для подтверждения классификационной матрицы разделения животных на основе индекса

Таблица 1. Соотношение вегетативного статуса крупного рогатого скота — коров джерсейской породы ($n=103$), %

Индекс напряжения, у.е.	Исходный вегетативный статус	Количество животных	%, животных
менее 50 у.е.	ваготония	9	8,7
51–150 у.е.	нормотония	25	24,3
151–250 у.е.	симпатикотония	52	50,5
более 251 у.е.	гиперсимпатикотония	17	16,5

Таблица 2. Классификационная матрица животных на основе индекса напряжения регуляторных систем

Группы	Percent	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4
	Correct	$p=0,087$	$p=0,242$	$p=0,504$	$p=0,165$
Группа 1	77,778	7	2	0	0
Группа 2	92,000	0	23	2	0
Группа 3	100,000	0	0	52	0
Группа 4	70,588	0	0	5	12
ИТОГ	91,262	7	25	59	12

* *Примечание:* группа 1 — ваготоники; группа 2 — нормотоники; группа 3 — симпатикотоники; группа 4 — гиперсимпатикотоники.

напряжения регуляторных систем, проведена дополнительная статистическая обработка материала различий между полученными группами в ходе исследования по квадрату расстояния Махалобиса D^2 (табл. 3)

При анализе таблицы 3 квадрата расстояния Махалобиса D^2 между группами животных с разным вегетативным статусом, построенной на основе индекса напряжения регуляторных систем, пришли к следующему заключению.

Между группами 1 (с предполагаемым исходным вегетативным статусом «ваготония») и 2 (с предполагаемым исходным вегетативным статусом «нормотония») квадрат расстояния Махалобиса D^2 составляет 3,504. Данное значение указывает на наименьшее расстояние.

Между группами 1 (с предполагаемым исходным вегетативным статусом «ваготония») и 3 (с предполагаемым исходным вегетативным статусом «симпатикотония») квадрат расстояния Махалобиса D^2 составляет 19,343.

Между группами 1 (с предполагаемым исходным вегетативным статусом «ваготония») и 4 (с предполагаемым исходным вегетативным статусом «гиперсимпатикотония») квадрат расстояния Махалобиса D^2 составляет 77,045.

Между группами 2 (с предполагаемым исходным вегетативным статусом «нормотония») и 3 (с предполагаемым исходным вегетативным статусом «симпатикотония») квадрат расстояния Махалобиса D^2 составляет 6,381.

Между группами 2 (с предполагаемым исходным вегетативным статусом «нормотония») и 4

(с предполагаемым исходным вегетативным статусом «гиперсимпатикотония») квадрат расстояния Махалобиса D^2 составляет 47,686.

Между группами 3 (с предполагаемым исходным вегетативным статусом «симпатикотония») и 4 (с предполагаемым исходным вегетативным статусом «гиперсимпатикотония») квадрат расстояния Махалобиса D^2 составляет 19,180.

Таким образом, распределение исследуемой группы животных на основе индекса напряжения регуляторных систем было подтверждено статистической обработкой с помощью классификационной матрицы, что составило 91,26% и с помощью степени квадрата расстояния Махалобиса D^2 между группами. Полученные статистически обработанные данные в ходе научного исследования имеют истинное значение в распределении групп крупного рогатого скота — коров джерсейской породы.

В данной работе был проведен анализ полученных числовых значений показателей А. Я. Каплана и рассмотрена взаимосвязь ИВТ животных с полученными значениями (табл. 4).

Для ваготоников индекс дыхательной модуляции (ИДМ) составил $8,16 \pm 0,02\%$, индекс симпатoadреналовой системы — $43 \pm 0,1\%$, а индекс медленноволновой аритмии — $0,8 \pm 0,1\%$. У данной группы коров парасимпатический отдел преобладает над симпатическим отделом вегетативной нервной системы.

Для нормотоников значение индекса дыхательной модуляции (ИДМ) составило $4,14 \pm 0,03\%$, индекс симпатoadреналовой системы — $96 \pm 0,2\%$,

Таблица 3. Квадрат расстояния Махалобиса D^2 между группами животных с разным вегетативным статусом

Группы животных	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4
Группа 1	0,000	3,504	19,343	77,045
Группа 2	3,504	0,000	6,381	47,686
Группа 3	19,343	6,381	0,000	19,180
Группа 4	77,045	47,686	19,180	0,000

* *Примечание:* группа 1 — ваготоники; группа 2 — нормотоники; группа 3 — симпатикотоники; группа 4 — гиперсимпатикотоники.

Таблица 4. Индексы А. Я. Каплана исследуемых животных (ИВТ), $M \pm m$

ИВТ по ИН	ИДМ, %	ИСАТ, %	ИМА, %
Ваготония (n=9)	$8,16 \pm 0,02$	$43 \pm 0,1$	$0,8 \pm 0,1$
Нормотония (n=25)	$4,14 \pm 0,03$	$96 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,2$
Симпатикотония (n=52)	$2,78 \pm 0,03$	$195 \pm 0,2$	$8,2 \pm 0,1$
Гиперсимпатикотония (n=17)	$1,34 \pm 0,02$	$588 \pm 0,1$	$11,4 \pm 0,3$

* *Примечание:* достоверность различий между группами оценивалась между группами с применением t-критерия Стьюдента.

а индекс медленноволновой аритмии — $2,5 \pm 0,2\%$. Данная группа характеризуется равновесным состоянием между симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системой.

Индекс дыхательной модуляции для симпатикотоников составил $2,78 \pm 0,03\%$, индекс симпатoadреналовой системы — $195 \pm 0,2\%$, а индекс медленноволновой аритмии — $8,2 \pm 0,1\%$. Симпатикотоники характеризуются преобладанием симпатическим отделом вегетативной нервной системы над парасимпатическим.

Индекс дыхательной модуляции для гиперсимпатикотоников составил $1,34 \pm 0,02\%$, индекс симпатoadреналовой системы — $588,17 \pm 0,1\%$, а индекс медленноволновой аритмии — $11,45 \pm 0,3\%$. Гиперсимпатикотоники характеризуются преобладанием сверхсимпатическим отделом вегетативной нервной системы над парасимпатическим.

Выводы. В ходе регистрации и математического анализа ВСП животных с помощью современной комплексной электрофизиологической лаборатории «CONAN-4.5» пришли к следующим выводам:

1. В результате исследований животные разделились на четыре подгруппы: в первую подгруппу с исходным вегетативным тонусом — ваготония вошли 9 коров, во вторую с предполагаемым исходным вегетативным тонусом — нормотония — 25 животных, в третью подгруппу с исходным вегетативным тонусом — симпатикотония — 52 исследуемых животных, а в четвертую с исходным вегетативным тонусом — гиперсимпатикотония — 17 животных.

2. Для корректности классификации исследуемых животных на основе индекса напряжения регуляторных систем была построена классификационная матрица, которая содержит весь массив данных — общий итоговый процент классификации — 91,26%. Для подтверждения правильности классификации построенной матрицы дополнительно определили степень различия между подгруппами по квадрату расстояния Махаланобиса D^2 .

3. На основании проведенных исследований при анализе электрокардиограмм коров джерсейской породы установлены породные особенности показателей индексов А. Я. Каплана.

Литература

1. Наумов М. М. Клиническая электрофизиология животных / А.С. Емельянова, Н. М. Наумов, Е. Е. Степура, И. А. Брусенцев // Учебное пособие. — Курск, 2020, 228 с.
2. Баевский Р. М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний: учебное пособие / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. — Москва: Издательство Медицина, 1997. — С. 265.
3. Емельянова А. С. Сравнительный анализ электрокардиографических показателей высокопродуктивных и низкопродуктивных коров-первотелок с разным исходным вегетативным тонусом регуляторных систем / Емельянова А. С. // Зоотехния. — 2010. — № 4. С. 6–8.
4. Емельянова А. С. Индекс вегетативного равновесия у телок с разной вегетативной реактивностью / Емельянова А. С. // Молочное и мясное скотоводство. — 2010. — № 4. — С. 28–29.
5. Емельянова А. С. Анализ изменения длительности сегментов ЭКГ при физической нагрузке у телочек с разным исходным вегетативным тонусом / Емельянова А. С. // Сельскохозяйственная биология. — 2010. — Т. 45. — № 2. — С. 77–81.
6. Никитов С. В. «Повышение молочной продуктивности с использованием биологически активной добавки «Витартил» у коров с разным уровнем функционирования регуляторных систем» / С. В. Никитов, А. С. Емельянова // «Ветеринария и кормление». — 2012. — №2. — С. 38–40.
7. Емельянова А. С. Повышение адаптационных возможностей коров первотелок к острому стрессу с использованием метаболита «Янтарная кислота» / А. С. Емельянова, Е. И. Лупова // Вестник ФГБОУ ВПО РГАУ. — 2012. — № 4. — С. 25–26.
8. Кулаичев А. П. Компьютерная электрофизиология: учебное пособие / А. П. Кулаичев. — Москва: Издательство Московского университета, 2002, 379 с.

Stepura E.

Analysis of cardiac rhythm variability in Jersey breed cows with different vegetative status

Abstract.

Purpose: Conduct an analysis of cardiac rhythm variability in the cows of the Jersey breed with a different vegetative status.

Materials and methods. Indicators of the electrocardiogram (ECG) and cardiac rhythm variability studied on cows of the Jersey breed ($n = 103$). For the analysis and removal of ECG, the animal studied used the program «Conan-4.5» in the system of frontal administrations according to the method of P. M. Roshchensky. Clinical research methods were carried out according to the methods of clinical inspection of animals B. V. Ears and included — inspection, palpation, percussion and auscultation of the heart area.

Results. Among the entire studied array of animals, the largest amount was sympathyone — 50,5%, normotonics — 24,3%, hypersympathicotonics — 16,5%. The smallest amount — vagotonic — 8,7%.

For the vagotonic, the respiratory modulation index was $8,16 \pm 0,02\%$, the index of the sympathetic system is $43 \pm 0,1\%$, and the index of slowly wave arrhythmia is $0,8 \pm 0,1\%$. This group of cows parasympathetic (software) prevails over the sympathetic department of the vegetative nervous system.

For normotonics, the value of the respiratory modulation index was $4,14 \pm 0,03\%$, the index of the sympathetic system is $96 \pm 0,2\%$, and im is $2,5 \pm 0,2\%$. This group is characterized by an equilibrium state between sympathetic department and VNS.

The ids for sympathicotonists amounted to $2,78 \pm 0,03\%$, the index of the sympathetic system is $195 \pm 0,2\%$, and im is $8,2 \pm 0,1\%$. At sympathicotonists, which are characterized by a predominance with VNS above software.

The hyper smpathectical respiratory modulation index was $1,34 \pm 0,02\%$, ICAS — $588 \pm 0,1\%$, and im is $11,4 \pm 0,3\%$. In hypersympathicotonists, which are characterized by the predominance of the super-viper vehicle of the vegetative nervous system over parasympathetic.

Conclusion. The separation of the entire array on the subgroups based on the vegetative status of animals was based on the indicators of the voltage index of regulatory systems. To confirm the correctness of the separation of the studied array of animals on the subgroup, statistical processing was carried out and a classification matrix was built. Also, to confirm the classification separation matrix, additional statistical processing of the material of the differences between the obtained groups in the square of the distance of the Mahalonobis D^2 was carried out. In the course of further registration and mathematical analysis of the variability of the heart rate of cattle (cows of the Jersey breed) with the help of a modern complex electrophysiological laboratory «Conan-4.5» features of indexes of A. Ya. Kaplan were established.

Key words: cows, heart rate variability, the baseline autonomic tone, cardiointervalogram, the index of respiratory modulation, the index of sympathoadrenal tone, slow-wave index arrhythmia.

Author:

Stepura E. — PhD (Biol. Sci.); e-mail: chimik89@mail.ru; GOU in the State Socio-Humanitarian University; 140411, Russia, Moscow region, Kolomna, Green st., 30.

References

1. Naumov M. M. Clinical electrophysiology of animals / A. S. Emelyanova, N. M. Naumov, E. E. Stepura, I. A. Blusnow residents // Tutorial. — Kursk, 2020, 228 p.
2. Baevsky P. M. Evaluation of the adaptation capacity of the body and the risk of developing diseases: Tutorial / P. M. Baevsky, A. P. Berseneva. — Moscow: Medicine Publishing House, 1997. — P. 265.
3. Emelyanova A. S. Comparative analysis of electrocardiographic indicators of highly productive and low-productive cows-priming with different source vegetative tone of regulatory systems / Emelyanova A. S. // Zootechnia. — 2010. — № 4. — P. 6-8.
4. Emelyanova A. S. Index of vegetative equilibrium in chips with different vegetative reactivity / Emelyanova A. S. // Dairy and meat cattle breeding. — 2010. — 4. — P. 28–29.
5. Emelyanova A. S. Analysis of changes in the duration of the ECG segments during physical exertion in tissue with different source vegetative tone / A. S. Emelyanova // Agricultural Biology. — 2010. — V. 45. — № 2. — P. 77–81.
6. Nikitov C. B. «Increasing milk productivity using a biologically active additive «Vitartil» in cows with different levels of functioning of regulatory systems» / S. V. Nikitov, A. S. Emelyanova // «Veterinary and feeding». — 2012. — № 2. — P. 38–40.
7. Emelyanova A. C. Improving the adaptive capabilities of cows of primarmells to acute stress using metabolite «Amber Acid» / A. S. Emelyanova, E. I. Lupov // Bulletin FGBOU VPO RGATU. — 2012. — № 4. — P. 25–26.
8. Kulaichev A. P. Computer electrophysiology: Tutorial / A. P. Kulayev. — Moscow: Publishing House of Moscow University, 2002, 379 p.