

УДК 612.13

DOI: 10.25688/2076-9091.2023.51.3.03

Евгений Евгеньевич Степура

Московский городской педагогический университет,
Москва, Россия

Анализ индекса Макруза сердечной деятельности коров джерсейской породы с разным вегетативным статусом

Аннотация. Показатель индекса Макруза у крупного рогатого скота джерсейской породы до настоящего времени не изучался, и его нормальные значения не описаны в доступной литературе. Характеристики ЭКГ и вариабельность ритма сердца были проанализированы у 103 голов породы джерси. Для анализа и записи ЭКГ джерсейского скота использовали программу CONAN-4.5 на фронтальной отводящей системе по методу М. П. Рощевского. Учитывая тонкие механизмы вегетативной регуляции сердца, необходимо расширить диагностическую базу для очень распространенных сердечно-сосудистых заболеваний у крупного рогатого скота. Анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР) является широко используемым методом в медицинской практике для оценки вегетативной регуляции и состояния сердца. Математический анализ сердечного ритма для определения состояния ВНС важен для патогенетического лечения многих заболеваний. Изучение показателей и индексов вариабельности сердечного ритма имеет большое значение в ветеринарной лечебно-профилактической работе.

Ключевые слова: электрокардиограмма, индекс Макруза (ИМ), сердечная деятельность, вегетативная регуляция

UDC 612.13

DOI: 10.25688/2076-9091.2023.51.3.03

Evgeny Evgenievich Stepura

Moscow City University,
Moscow, Russia

Analysis of Macruz index of cardiac activity of cows of jersey breed with different vegetative status

Abstract. The Macruz index in Jersey cattle has not yet been studied, and its normal values are not described in the available literature. ECG characteristics and heart rate variability were analyzed in 103 Jerseys. To analyze and record the ECG of Jersey cattle, the CONAN-4.5 program was used on the frontal lead-off system according to the method of M. P. Roschevsky. Given the subtle mechanisms of autonomic regulation of the heart, it is necessary to expand the diagnostic base for very common cardiovascular diseases in cattle. Analysis of heart rate variability (HRV) is a widely used method in medical practice to assess autonomic regulation and the state of the heart. Mathematical analysis

of heart rate to determine the state of the ANS is important for the pathogenetic treatment of many diseases. The study of indicators and indices of heart rate variability is of great importance in veterinary medical and preventive work.

Keywords: electrocardiogram, Makruzindex, cardiac activity, autonomic regulation

Введение

Клиническое значение ЭКГ как метода исследования функционального состояния кровообращения определяется ее способностью распознавать и локализовать нарушения процессов возбуждения миокарда и косвенно определять по полученным данным состояние сократительной функции миокарда [1–4].

Качественная оценка ЭКГ может дать информацию о гипертрофии предсердий и желудочков, но не позволяет предположить наличие сердечной недостаточности. Количественная оценка ЭКГ, в частности продолжительность P-волны, левое внутрипредсердное отклонение и расчет индекса Макруза (ИМ), важны для распознавания ранних стадий сердечной недостаточности.

У человека проанализирован ИМ, он равен 1,1–1,6 у. е. При гипертрофии (или дилатации, ДКМП) миокарда правого предсердия данный показатель в большинстве случаев составляет $\leq 1,1$ у. е. По данным некоторых авторов [2, 3], увеличение ИМ более чем в 2,78 раза и левопредсердного внутреннего отклонения более чем на 0,063 сек. является признаком недостаточности миокарда левого желудочка у человека [9].

Таким образом, изменения ИМ связаны с увеличением времени атриовентрикулярной проводимости и сопутствующим увеличением интервала PQ. А увеличение самого ИМ связано с повышенной электрической активностью левого предсердия [12, 15].

У авторов исследований С. Н. Копылова и И. М. Рощевской приведены результаты оценки индексных показателей ЭКГ у лошадей и собак. У лошадей: длительность интервала PQ — 0,21–0,34 сек., зубца P — 0,1–0,17 сек., ИМ — 0,6 у. е., систолический показатель — от 33–43 %. У клинически здоровых собак ИМ — 0,27–0,36 у. е., при миокардиодистрофии — 0,4 у. е., при сердечной недостаточности — более 0,5 у. е. [10].

В норме у собак крупных пород ИМ равен 0,22–1,0 у. е. При кардиомиопатии собак в некоторых случаях ИМ достоверно возрастает примерно до 3,0 у. е. Данный индекс у собак при кардиомиопатии достоверно коррелирует с функциональным классом хронической сердечной недостаточности и размерами левого предсердия при проведении эхокардиографического исследования [6, 7].

В норме у карликовых пород собак ИМ — 0,33–1,0 у. е., а при эндокардиозе атриовентрикулярных клапанов сердца этот показатель достоверно повышался, в некоторых случаях примерно до 2,5 у. е. Установлено, что величина ИМ у собак, больных эндокардиозом атриовентрикулярных клапанов сердца, достоверно коррелирует с функциональным классом хронической сердечно-сосудистой недостаточности и передне-задним размером левого предсердия [13].

Ряд авторов провели исследования на семи собаках (породы — немецкая овчарка, доберман, спаниель, боксер, ротвейлер в возрасте от 1 года до 12 лет). Из обследованных животных 40 были клинически здоровы, у 15 диагностировали миокардиодистрофию, а у 16 собак отмечались признаки сердечной недостаточности [5, 8, 11].

На ЭКГ клинически здоровых собак длительность интервала PQ составила $0,11 \pm 0,01$ сек., зубца Р — 0,03–0,04 сек. Исходя из этих данных, индекс Макруза равен 0,27–0,36 у. е. [17].

При миокардиодистрофии у 70 % собак продолжительность зубца Р увеличена на 25 % (0,05 сек.), интервала PQ — на 14 % (0,125 сек.), а ИМ равен 0,4 у. е. Доли левопредсердного и правопредсердного внутреннего компонента зубца Р оставались практически равными [14, 16, 17, 18–20].

В доступной отечественной и зарубежной литературе информация о нормативной величине ИМ и его интерпретация у коров джерсейской породы не обнаружена.

В связи с вышеизученным **целью** нашей научной работы было определить значения индекса Макруза у клинически здоровых коров джерсейской породы с разным вегетативным статусом.

Задачи исследовательской работы:

- 1) провести регистрацию ЭКГ и математический анализ вариабельности сердечного ритма у исследуемых животных;
- 2) проанализировать вегетативный статус и электрофизиологические показатели ЭКГ (зубец Р и интервал PQ) исследуемых животных;
- 3) проанализировать индекс Макруза (ИМ) у коров джерсейской породы с разным вегетативным статусом.

Материалы и методы исследований

Характеристики ЭКГ и вариабельность ритма сердца были проанализированы у 103 голов коров джерсейской породы. Для анализа и записи ЭКГ джерсейского скота использовали программу CONAN-4.5 на фронтальной отводящей системе по методу М. П. Рощевского [19, 20]. ЭКГ записывали за два-три часа до приема пищи. Клинические исследования включали в себя пальпацию, перкуссию и аускультацию в строгом соответствии с методикой клинического обследования животных по Б. В. Уша.

В работе рассчитывали индекс Макруза, который представляет собой отношение продолжительности зубца Р к длительности сегмента PQ (см. рис. 1).

Обработку полученного материала проводили в программе Statistica 10.0 for Windows, рассчитывали следующие параметры: среднее арифметическое (M), ошибку среднего арифметического (m), t -критерий Стьюдента. Различия считались значимыми при $p < 0,05$.

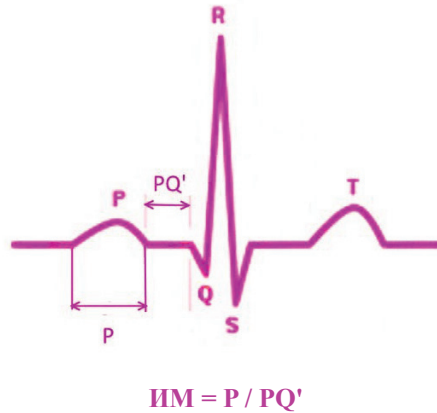


Рис. 1. Электрокардиограмма и расчет значения индекса Макруза (ИМ)

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящем исследовании были сняты и проанализированы электрокардиограммы у крупного рогатого скота джерсейской породы. Исследуемые животные были разделены на группы в зависимости от индекса исходного вегетативного тонуса (ИВТ).

Исходный вегетативный тонус рассчитывался по интегральному индексу, который отражает степень централизованного контроля сердечного ритма и характеризуется активностью симпатических регуляторных механизмов, а состояние центрального контура характеризовалось индексом стресса (SI).

Как уже ранее упоминалось, полученные ЭКГ животных анализировали с помощью комбинированной программы CONAN-4.5.

Фрагмент ЭКГ крупного рогатого скота джерсейской породы представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Фрагмент ЭКГ коровы джерсейской породы

Полученные в ходе научных исследований значения индекса Макруза в зависимости от индекса напряжения представлены в таблице 1.

При анализе таблицы 1 получена следующая физиологическая картина индекса Макруза у коров джерсейской породы с разным вегетативным статусом.

На ЭКГ клинически здоровых коров джерсейской породы с предполагаемым исходным вегетативным тонусом «ваготония» индекс Макруза составил $0,29 \pm 0,01$ у. е. У данной группы преобладает парасимпатический отдел вегетативной нервной системы.

Таблица 1

Показатели индекса Макруза (ИМ) variability сердечного ритма коров джерсейской породы

№	ИН, у. е.	ИВТ по ИН	ИМ, у. е.	Достоверность между группами
1	≤ 50	ваготония	0,29 ± 0,01	1–3 ($p < 0,001$)
2	51–150	нормотония	0,38 ± 0,01	1–2 ($p < 0,001$) 1–4 ($p < 0,001$)
3	151–250	симпатикотония	0,59 ± 0,01	2–3 ($p < 0,001$)
4	≥ 251	гиперсимпатикотония	0,81 ± 0,01	2–4 ($p < 0,001$) 3–4 ($p < 0,01$)

Примечание: достоверность различий ИМ оценивалась между группами с применением *t*-критерия Стьюдента, $p < 0,05$.

Для здоровых исследуемых животных с предполагаемым исходным вегетативным тонусом «нормотония» индекс Макруза составил $0,38 \pm 0,01$ у.е. Данная группа характеризуется равновесным состоянием гомеостаза между СО и ПО вегетативной нервной системы.

Для животных с предполагаемым исходным вегетативным тонусом «симпатикотония» индекс Макруза составил $0,59 \pm 0,01$ у. е. У данной группы происходит смещение вегетативного баланса в сторону симпатического отдела вегетативной нервной системы.

А для «гиперсимпатикотоников» индекс Макруза составил $0,81 \pm 0,01$ у. е. В данной группе происходит зашкаливание симпатического отдела вегетативной нервной системы.

Взаимосвязь индекса напряжения (ИН) и индекса Макруза (ИМ) имеет достоверную параболическую зависимость, представленную на рисунке 3.

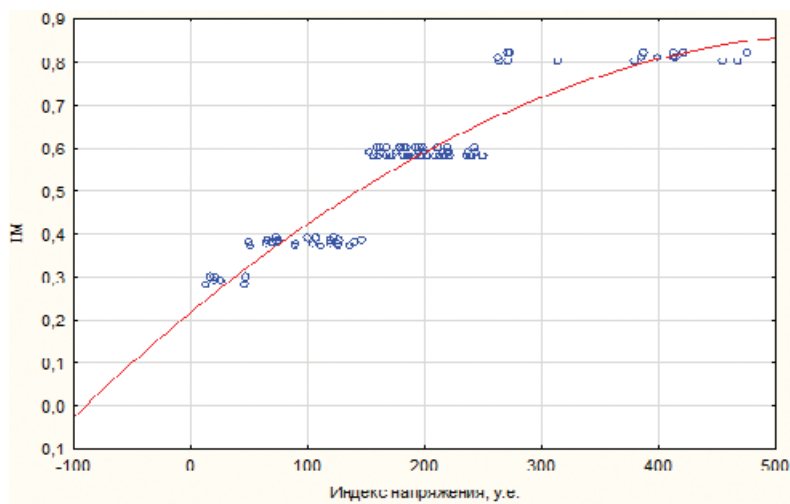


Рис. 3. Параболическая зависимость индекса напряжения (ИН) и индекса Макруза (ИМ) коров джерсейской породы

Анализ параболической зависимости между индексом напряжения (ИН) и индексом Макруза (ИМ), представленной на рисунке 3 показывает, что при повышении значения индекса напряжения ветви анализируемой параболы направлены вверх, то есть значение индекса Макруза (ИМ) повышается. Начало восхождения параболы указывает на преобладание парасимпатического отдела вегетативной нервной системы с предполагаемым исходным вегетативным статусом «ваготония», а верхушка параболы указывает на преобладание симпатического отдела вегетативной нервной системы с предполагаемым исходным вегетативным статусом «гиперсимпатикотония».

В таблице 2 приведена корреляционная взаимосвязь между индексом напряжения (ИН) и индексом Макруза (ИМ).

Таблица 2

**Корреляционная взаимосвязь зависимости
между индексом напряжения (ИН)
и индексом Макруза (ИМ) коров джерсейской породы**

Показатель	Уравнение зависимости	Коэффициент корреляции, у. е.	Коэффициент детерминации, %	Достоверность
ИМ	$y = 0,22 + 0,002252 x - 0,00000194 x^2$	0,94	88,24	$P < 0,05$

Взаимосвязь уровня продуктивности коров с показателем моды достоверна, $p < 0,05$, коэффициент корреляции 0,94, коэффициент детерминации 88,24 % и уравнение зависимости — $y = 0,22 + 0,002252 x - 0,00000194 x^2$.

Полученный электрофизиологический показатель ЭКГ коров джерсейской породы — индекс Макруза в состоянии относительного покоя характеризует нормальную работу сердечной деятельности, а его изменение характеризует патологические состояния. В нашем случае данный показатель составил 0,29–0,81 у. е., его изменение связывают с увеличением времени атрио-вентрикулярной проводимости и расширением в результате этого интервала PQ.

Повышение индекса Макруза связывают с увеличением электрической активности левого предсердия. Данные значения мы можем использовать в ветеринарной медицине и при проведении практических и лабораторных занятий по физиологии в ветеринарных институтах.

Выводы

Установлены нормальные значения индекса Макруза для коров джерсейской породы с разным вегетативным статусом — 0,29–0,81 у. е. В связи с этим оценку данного индекса целесообразно включить в базовый набор комплекса методик диагностики заболеваний сердца у данной породы.

Таким образом, правильный подход и комплексная интерпретация ЭКГ с использованием количественных показателей может дать полезную информацию для диагностики ранних стадий сердечной недостаточности. Индекс Макруза полезен для диагностики увеличения левого предсердия. Если этот индекс повышен, рекомендуется провести эхокардиографию.

Список источников

1. Баевский Р. М. Анализ variability сердечного ритма в космической медицине // Физиология человека. 2002. Т. 28. № 2. С. 70–82.
2. Баевский Р. М. К проблеме прогнозирования функционального состояния человека в условиях длительного космического полета // Физиологический журнал СССР имени И. М. Сеченова. 1972. № 6. С. 819–827.
3. Баевский Р. М. Кибернетический анализ процессов управления сердечным ритмом // Актуальные проблемы физиологии и патологии кровообращения. М.: Медицина, 1976. С. 161–175.
4. Баевский Р. М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. М.: Медицина, 1979. 205 с.
5. Ипполитова Т. В. Адаптационные процессы у коров к физиологическим и технологическим факторам // Актуальные проблемы ветеринарной медицины: сборник научных трудов МГАВМиБ. М., 2009. С. 113–115.
6. Ипполитова Т. В. Математический анализ регуляции сердечного ритма у коров // Регуляция физиологических функций продуктивных животных: межвузовский сборник научных трудов. М., 1993. С. 17–20.
7. Копылов С. Н. Показатели ЭКГ и variability ритма сердца у коров при миокардиодистрофии // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2011. № 2. С. 45–48.
8. Лягин Ф. Ф., Бадин Г. А. Костромская порода крупного рогатого скота — наша марка // 60 лет костромской породе крупного рогатого скота: материалы юбилейной научно-практ. конф. Кострома, 2004. С. 58–67.
9. Маколкин В. И., Сыркин А.Л., Недостуи А. В. Состояние предсердий у больных атеросклеротическим кардиосклерозом с нарушением ритма // Кардиология. 1973. № 7. С. 73–76.
10. Ольбинская Л. И., Савченко А. П., Янкин В. В. Состояние малого круга кровообращения у больных ишемической болезнью сердца в условиях велоэргометрической нагрузки и острой строфантиновой пробы (по данным катетеризации правых отделов сердца и легочной артерии) // Кардиология. 1976. № 10. С. 71–76.
11. Петров П. Е. Некоторые данные по методике электрокардиографии новорожденных телят // Ветеринария. 1965. № 12. С. 54–57.
12. Прошева В. И., Ключина И. В., Роцевский М. П. Морфофизиологическая характеристика миокардиальных волокон в желудочках сердца северных оленей и коров // Эколого-физиологические исследования в природе и эксперименте: тез. докл. V Всесоюзн. конф. по экологической физиологии и морфологии. Фрунзе, 1977. С. 369–370.
13. Роцевская И. М. Кардиоэлектрическое поле теплокровных животных и человека. СПб.: Наука, 2008. 250 с.
14. Роцевский М. П. Эволюционная электрокардиология. Л.: Наука, 1972. 252 с.

15. Рощевский М. П. Электрическая активность сердца и методы съемки электрокардиограмм у крупного рогатого скота. Свердловск: Уральск. науч.-исслед. с.-х. ин-т и гос. ун-т. 1958. 79 с.
16. Acharya U. Heart rate variability: a review / U. Acharya et al. // *Med Bio Eng Comput.* 2006. Vol. 44. P. 1031–1051.
17. Adam D. R., Smith J. M., Akselrod S. Fluctuations in T-wave morphology and susceptibility to ventricular fibrillation. 1984. Vol. 17. № 3. P. 209–218.
18. Adamovich B. A. State-of-the-art automatic evaluation of the health status in space medicine and preventive medicine / B. A. Adamovich, R. M. Baevsky, A. P. Berseneva et al. // *Kosmicheskaya Biologiyai Aviakosmi — cheskaya Meditsina.* 1990. Vol. 24. № 4. P. 11–18.
19. Ahmed M. W. Effect of pharmacologic adrenergic stimulation on heart rate variability / M. W. Ahmed et al. // *J. Am. Coll. Cardiol.* 1994. Vol. 24. P. 1082–1090.
20. Akselrod S. Spectral analysis of HR fluctuations in the evaluation of autonomous control during acute myocardial infarction / S. Akselrod, J. Arbel, O. Oz et al. // *Computers in Cardiology.* 1985. P. 315–318.

References

1. Baevsky R. M. Analysis of heart rate variability in space medicine // *Human Physiology.* 2002. T. 28. № 2. S. 70–82. (In Russ.).
2. Baevsky R. M. On the problem of predicting the functional state of a person under conditions of long-term space flight // *Physiol. Journal THE USSR imeni I. M. Sechenova.* 1972. № 6. S. 819–827. (In Russ.).
3. Baevsky R. M. Cybernetic analysis of heart rhythm control processes // *Actual problems of physiology and pathology of blood circulation.* M.: Medicine, 1976. P. 161–175. (In Russ.).
4. Baevsky R. M. Forecasting states on the verge of norm and pathology. M.: Medicine, 1979. 205 s. (In Russ.).
5. Ippolitova T. V. Adaptation processes in cows to physiological and technological factors // *Actual problems of veterinary medicine: sat. scientific tr. MGAVMiB. M., 2009.* S. 113–115. (In Russ.).
6. Ippolitova T. V. Mathematical analysis of heart rate regulation in cows. Regulation of physiological functions of productive animals // *Interuniversity. Sat. scientific tr. M., 1993.* S. 17–20. (In Russ.).
7. Kopylov S. N. ECG indicators and heart rate variability in cows with myocardial dystrophy // *Issues of legal regulation in veterinary medicine.* 2011. № 2. S. 45–48. (In Russ.).
8. Lyagin F. F., Badin G. A. Kostroma breed of cattle is our brand // *60 years of the Kostroma breed of cattle: materials of the anniversary scientific and practical. conf. Kostroma, 2004.* S. 58–67. (In Russ.).
9. Makolkin V. I. Syrkin A. L., Missing A. V. The state of the atria in patients with atherosclerotic cardiosclerosis with rhythm disturbance // *Cardiology.* 1973. № 7. S. 73–76. (In Russ.).
10. Olbinskaya L. I., Savchenko A. P., Yankin V. V. The state of the pulmonary circulation in patients with coronary heart disease under conditions of bicycle exercise and acute strophanthin test (according to catheterization of the right heart and pulmonary arteries) // *Cardiology.* 1976. № 10. S. 71–76. (In Russ.).

11. Petrov P. E. Some data on the method of electrocardiography of newborn calves. *Veterinary*. 1965. № 12. S. 54–57. (In Russ.).
12. Prosheva V. I., Klyushina I. V., Roschevsky M. P. Morphophysiological characteristics of myocardial fibers in the ventricles of the heart of reindeer and cows. *Ecological and physiological research in nature and experiment: Proceedings. report V All-Union. conf. on ecological physiology and morphology. Frunze*. 1977. S. 369–370. (In Russ.).
13. Roschevskaya I. M. *Cardioelectric field of warm-blooded animals and humans*. SPb.: Nauka, 2008. 250 s. (In Russ.).
14. Roschevsky M. P. *Evolutionary electrocardiology*. L.: Nauka, 1972. 252 s. (In Russ.).
15. Roschevsky M.P. *Electrical activity of the heart and methods of shooting electrocardiograms in cattle*. Sverdlovsk: Uralsk. scientific research s.-x. in-t and state. un-t. 1958. 79 s. (In Russ.).
16. Acharya U. *Heartrate variability: a review* / U. Acharya et al. // *Med Bio EngComput*. 2006. Vol. 44. P. 1031–1051.
17. Adam D. R., Smith J. M., Akselrod S. *Fluctuations in T-wave morphology and susceptibility to ventricular fibrillation*. 1984. Vol. 17. № 3. P. 209–218.
18. Adamovich B. A. *State-of-the-art automatic evaluation of the health status in spacemedicine and preventivemedicine* / B. A. Adamovich, R. M. Baevsky, A. P. Berseneva et al. // *Kosmicheskaya Biologiyai Aviakosmi — cheskaya Meditsina*. 1990. Vol. 24. № 4. P. 11–18.
19. Ahmed M. W. *Effect of pharmacologic adrenergic stimulation on heartrate variability* / M. W. Ahmed et al. // *J. Am. Coll. Cardiol*. 1994. Vol. 24. P. 1082–1090.
20. Akselrod S. *Spectral analysis of HR fluctuations in the evaluation of autonomous control during acute myocardial infarction* / S. Akselrod, J. Arbel, O. Oz et al. // *Computersin Cardiology*. 1985. P. 315–318.