

Научная статья

УДК 636.082.2:619:616-07(571.56)

EDN FJOYFH

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-3-63-68>

**Анализ скаттерограмм сердечного ритма у северных домашних оленей
эвенкийской породы Республики Саха (Якутия)**

**Евгений Евгеньевич Степура¹, Валерий Иннокентьевич Федоров²,
Туяра Ивановна Дмитриева³**

^{1,2,3} Арктический государственный агротехнологический университет
Республика Саха (Якутия), Якутск, Россия

¹ chimik89@mail.ru, ² vfedorov_09@mail.ru, ³ dark_dell@mail.ru

Аннотация. В статье отражены результаты исследований корреляционной ритмографии, представляющей метод визуализации и анализа вариабельности сердечного ритма, основанный на построении двумерного графика. В комплексном анализе результатов исследования сердечного ритма северного домашнего оленя корреляционное ритмографическое исследование (скаттерография) играет важную роль, поскольку характеризует не только степень централизации управления сердечным ритмом, но и является мобильным показателем общего состояния животного. В ходе исследований животные эвенкийской породы были разделены на группы, исходя из результатов анализа электрокардиограмм, рассчитанных на основе индекса напряжения. «Облако» фазовых координат «кучнее» у оленей-нормотоников. Такая фиксация кардиоинтервалов свидетельствует о высокой степени вариабельности сердечного ритма, слабой централизации управления им, а также преобладании автономного контура регуляции. Для другой группы оленей наблюдается высокая кучность точек, а также уменьшение размера облака. Это характерно для высокой степени централизации управления сердечным ритмом, преобладании действия центрального контура регуляции. Наконец, получение удаленных друг от друга точек, указывает на отклонения в работе сердечно-сосудистой системы (аритмия, хроническая сердечная недостаточность) соответствующей группы оленей. При этом размер облака сильно увеличен. Учитывая, что вариационный анализ ритма сердца дает возможность дифференцированной оценки степени напряженности тонуса симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, скаттерограммы являются показательным визуальным методом вариабельности сердечного ритма.

Ключевые слова: северные домашние олени, эвенкийская порода, скаттерограмма, вариабельность сердечного ритма, кардиоинтервал

Для цитирования: Степура Е. Е., Федоров В. И., Дмитриева Т. И. Анализ скаттерограмм сердечного ритма у северных домашних оленей эвенкийской породы Республики Саха (Якутия) // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 3. С. 63–68. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-3-63-68>.

Original article

**Analysis of scatterograms of heart rate in northern domestic reindeer
of the Evenki breed of the Republic of Sakha (Yakutia)**

Evgeniy E. Stepura¹, Valery I. Fedorov², Tuyara I. Dmitrieva³

^{1,2,3} Arctic State Agrotechnological University
Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russian Federation

¹ chimik89@mail.ru, ² vfedorov_09@mail.ru, ³ dark_dell@mail.ru

Abstract. The results of correlation rhythmography studies are given. She presents a method for visualizing and analyzing heart rate variability based on the construction of a two-dimensional graph. Correlation rhythmography (scatterography) plays an important role in the comprehensive analysis of the results of the study of the heart rate of the reindeer, as it is a mobile indicator of the general condition of the animal. According to the research methodology, the Evenki deer were divided into groups based on the results of the electrocardiogram analysis. The "cloud" of phase coordinates is "more dense" in normotonic deer. Such fixation of cardiac intervals shows a high degree of heart rate variability, weak centralization of its control, as well as the predominance of an autonomous regulation circuit. For another group of deer, there is a high number of dots, as well as a decrease in cloud size. This shows a high degree of centralization of heart rate control, the predominance of the action of the central control circuit. Getting points far from each other and a strong increase in the size of the cloud indicates abnormalities in the functioning of the cardiovascular system (arrhythmia, chronic heart failure) the corresponding deer group. Since the variational analysis of the heart rhythm makes it possible to differentiate the degree of tension of the tone of the sympathetic and parasympathetic parts of the autonomic nervous system, it can be concluded that scatterograms are an indicative visual method of heart rate variability.

Keywords: reindeer, Evenki breed, scatterogram, heart rate variability, cardio interval

For citation: Stepura E. E., Fedorov V. I., Dmitrieva T. I. Analysis of scatterograms of heart rate in northern domestic reindeer of the Evenki breed of the Republic of Sakha (Yakutia). *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;3:63–68. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-19-3-63-68>.

Введение. В основе деятельности сердца лежат механизмы его регуляции. Состояние регуляции сердечно-сосудистой системы, а именно функциональное состояние различных отделов вегетативной регуляции у животных, в частности оленей, до самого недавнего времени не изучалось. Традиционный анализ электрокардиограммы не позволяет правильно и полностью оценить состояние механизмов регуляции сердечной деятельности оленей. Информация о процессах регуляции, которые осуществляются на уровне органов и систем, характеризует функциональное состояние организма животных [1]. При этом анализ вариабельности сердечного ритма позволяет исследовать более тонкие механизмы регуляции сердечно-сосудистой системы [2–7]. Количественную оценку нервных и гуморальных влияний на сердечный ритм осуществляют вычислением различных показателей, отражающих изменчивость интервалов R-R.

Нами отражены результаты исследований корреляционной ритмографии. Данный метод визуализации и анализа вариабельности сердечного ритма основан на построении двумерного графика. Каждая точка на графике отражает последовательные пары R-R-интервалов (интервалов между ударами сердца). При этом текущий интервал откладывается по оси Y , а следующий – по оси X . Получаемое

облако точек называется скаттерогаммой, автокорреляционным облаком или корреляционной ритмограммой.

Метод был разработан Хупе и Бунгарисом (1969), Ю. А. Власовым с соавторами (1971). Его внедрение в нашей стране связано с работами Э. В. Земцовского с соавторами (1977).

Скаттерограмма графически интерпретируется следующим образом:

1. Нормальный ритм (нормосистолия) формирует компактное облако точек.
2. Тахисистолия (учащенный ритм) или брадикардия (замедленный ритм) смещают точки вдоль соответствующей оси.
3. Пароксизмальная тахикардия проявляется резкими «выбросами» точек из-за внезапных изменений интервалов.

Данным способом описания совокупности кардиоинтервалов является расчет отношений продольной и поперечной оси. Продольная ось (a) отражает медленные колебания ритма (связаны с гуморальной и симпатической регуляцией). Поперечная ось (b) показывает быстрые изменения (парасимпатическая активность, дыхательные влияния). Высокое соотношение (a/b) указывает на доминирование медленной периодики, что коррелирует с меньшим напряжением регуляторных систем и лучшим функциональным состоянием.

Корреляционная ритмограмма позволяет выявить аритмии (например, пароксизмальной тахикардии) через анализ резких изменений в расположении точек, а также в оценке вегетативной регуляции: связь с индексом функционального состояния и индексом напряжения (отрицательная корреляция).

У северных домашних оленей отсутствуют исследования показателей вариационной пульсометрии и скаттерографический корреляционный анализ на основе вариабельности сердечного ритма. В этой связи представленный в настоящей статье материал представляется актуальным и имеет научную новизну.

Целью исследований является изучение вариабельности сердечного ритма северных домашних оленей эвенкийской породы по форме корреляционной ритмографии (скаттерограммы) сердечного ритма с выявлением аритмии.

Для достижения цели поставлены и решены следующие задачи:

1. У исследуемых животных получены электрокардиограммы.
2. Проведен анализ электрокардиограмм на основе математической обработки вариабельности сердечного ритма.
3. На основе индекса напряжения регуляторных систем организма установлен исходный вегетативный статус животных.
4. Проанализированы полученные скаттерограммы исследуемых животных.

Материал и методы исследований. Клиническое и электрокардиографическое исследования оленей эвенкийской породы проводили в ресурсном резерве «Кэнкэмэ» (родовая община коренных малочисленных народов севера – эвенков имени Аполлона Константиновича Ильина «Энэси Халан» (Сила Народа)) в июне 2024 г.

В период проведения исследований животные находились в одинаковых условиях кормления и содержания в соответствии с зоогигиеническими требованиями.

Перед тем как провести электрокардиографические обследования, в присутствии ветеринарного врача хозяйства провели контрольный осмотр оленей, чтобы исключить наличие инфекционных и неинфекционных заболеваний, поскольку

многие болезни могут оказывать как прямое, так и косвенное воздействие на состояние сердечно-сосудистой системы.

Клинические методы исследований включали осмотр, пальпацию, перкуссию, аускультацию и термометрию.

В работе использовался метод вариабельности сердечного ритма, который является общепринятым для оценки функционального состояния регуляторных систем, а также врожденных функциональных резервов организма.

Анализ проведен по Р. М. Баевскому, при этом регистрировался синусовый сердечный ритм с последующим анализом его структуры [1]. Регистрация кардиоинтервалограмм проводилась в системе фронтальных отведений с помощью специализированной электрофизиологической лаборатории CONAN 4.5.

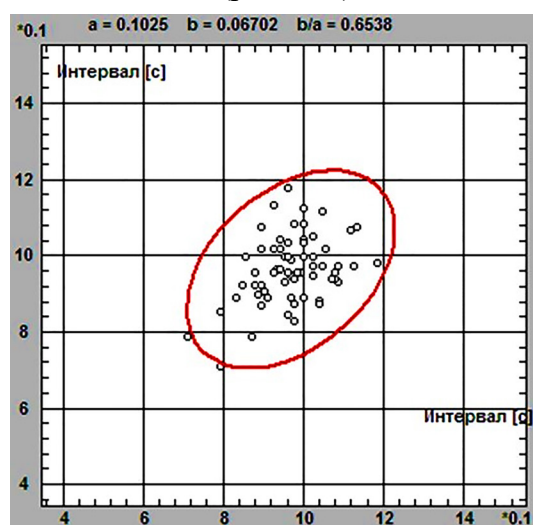
ЭКГ снималась за 2–3 часа до приема пищи, когда частота пульса стабилизировалась. Регистрировались 200 последовательных кардиоинтервалов (КИ, R-R), на основании которых строились скаттерограммы исследуемых животных.

Результаты исследований и их обсуждение. Скаттерограмма представляет зависимость последовательных пар кардиоинтервалов (предыдущего и последующего) в двумерной координатной плоскости [4]. Каждая точка на графике обозначает соотношение между длительностью предыдущего (по оси Y) и следующего (по оси X) кардиоинтервалов R-R. По результатам скаттерограмм возможно определить вариабельность ритма. Чем кучнее «облако» точек, тем меньше вариабельность. Программа визуализирует скаттерограмму в виде эллипса [5], тем самым позволяя выявлять отклонения в работе сердечно-сосудистой системы (аритмия, хроническая сердечная недостаточность). При отклонениях в работе сердца диаграмма рассеивания может приобретать рандомный характер – рассеиваться на фрагменты. В таком случае «точки» фиксируются диагонально от основного «облака».

Исследуемых оленей мы разделили на группы, исходя из результатов анализа электрокардиограмм, рассчитанных на базе индекса напряжения.

Анализ скаттерограммы (рис. 1, а) показывает, что «облако» фазовых координат «кучнее» у домашнего северного оленя – нормотоника. Такая фиксация кардиоинтервалов свидетельствует о высокой степени вариативности сердечного ритма, слабой централизации управления им, а также преобладании автономного контура регуляции.

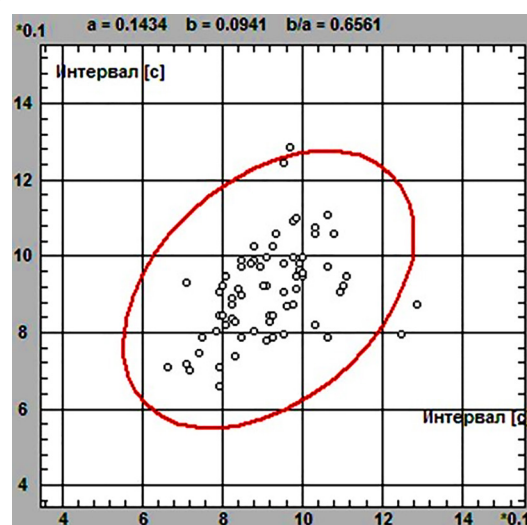
В случаях небольших отклонений в работе сердечно-сосудистой системы (аритмия) фиксируются смещенные относительно диагонали точки, сдвинутые в область коротких кардиоинтервалов от основного облака (рис. 1, б).



а)

На скаттерограмме (рис. 2) с исходным вегетативным тонусом «гиперваготония» наблюдается высокая кучность точек и уменьшение размера облака, что характерно для высокой степени централизации управления сердечным ритмом. В данном случае преобладает действие центрального контура регуляции.

Анализ скаттерограммы «в россыпь», в виде удаленных друг от друга точек (рис. 3), указывает на отклонения в работе сердечно-сосудистой системы (аритмия, хроническая сердечная недостаточность). При этом размер облака сильно увеличен.



б)

Рисунок 1 – Скаттерограмма северного домашнего оленя – нормотоника

Figure 1 – Scatterogram of the northern domestic reindeer – normotonic

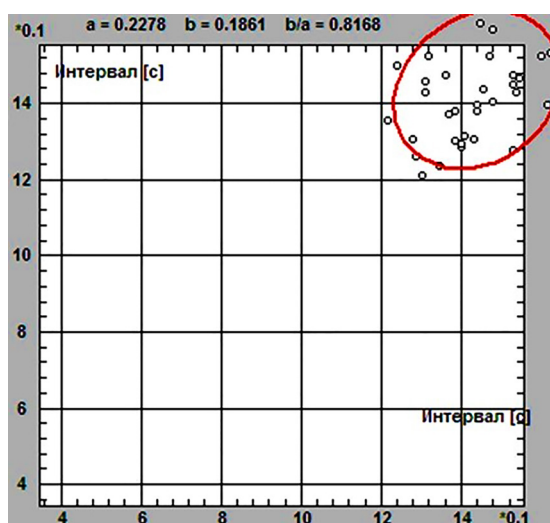


Рисунок 2 – Скаттерограмма северного домашнего оленя (гиперваготоник)

Figure 2 – Scatterogram of the northern domestic reindeer (hypervagotonic)

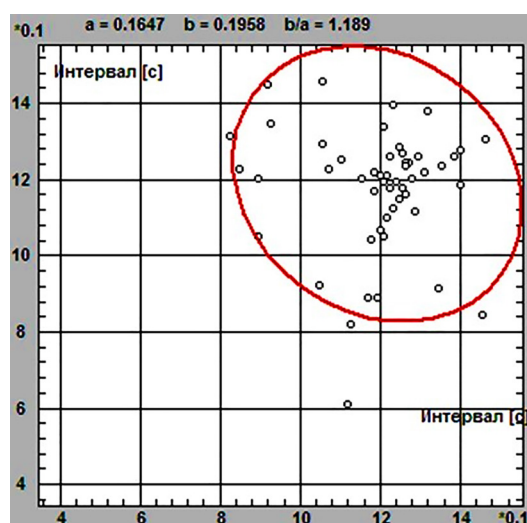


Рисунок 3 – Скаттерограмма северного домашнего оленя (ваготоник)

Figure 3 – Scatterogram of the northern domestic reindeer (vagotonic)

Заключение. Впервые проведен полный скаттерографический корреляционный анализ у домашних северных оленей на основе вариабельности сердечного ритма. Скаттерограммы позволяют выявлять важные индивидуальные особенности действия регуляторных механизмов.

Опираясь на данные исследования, для северного домашнего оленя возможно определение вегетативного тонуса по форме облака корреляционной ритмографии. Графическое расположение точек в виде окружности наблюдается у животных с нормотонией; более сжатый радиус – у симпатикотоников; разброс точек с большим радиусом окружности – у ваготоников.

Учитывая, что вариационный анализ ритма сердца дает возможность дифференцированной оценки степени напряженности тонуса симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы [7], скаттерограммы являются показательным визуальным методом вариабельности сердечного ритма.

Опираясь на данные проведенных исследований, возможно определение вегетативного тонуса по форме скаттерографического облака.

Оценку скаттерограммы при аритмиях целесообразно использовать, когда другие методы статистического анализа неприемлемы или малоинформативны.

Список источников

1. Емельянова А. С., Никитов С. В. Анализ взаимосвязи первичных показателей вариационных пульсограмм коров и молочной продуктивности при применении добавки «Витартил» // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 3. С. 250–251. EDN PBPEOF.
2. Емельянова А. С., Степура Е. Е., Герасимов М. А. Анализ вегетативного тонуса коров джерсейской породы // Агропромышленный комплекс: контуры будущего : материалы IX междунар. науч.-практ. конф. Курск : Курская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. С. 248–252. EDN RZQFJR.
3. Наумов М. М., Емельянова А. С., Степура Е. Е., Пахомов В. А. Электрофизиологические параметры вариабельности сердечного ритма коров джерсейской породы // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 6. С. 97–103. EDN BMRPDN.
4. Степура Е. Е. Анализ электрофизиологических параметров ВСР животных с разным вегетативным статусом // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Естественные науки. 2022. № 2 (46). С. 8–16. doi: 10.25688/2076-9091.2022.46.2.01. EDN TKHIXA.
5. Степура Е. Е. Анализ динамического ряда вторичных показателей вариационных пульсограмм коров джерсейской породы // Естественные и технические науки. 2017. № 6 (108). С. 28–31. EDN YTVWDF.
6. Степура Е. Е. Анализ показателей вариабельности сердечного ритма коров джерсейской породы // Вестник Оренбургского государственного университета. 2017. № 11 (211). С. 110–114. EDN YLQIEY.
7. Емельянова А. С., Степура Е. Е. Исходный вегетативный тонус коров джерсейской породы на основе индекса напряжения и его анализ // Естественные науки. 2017. № 4 (61). С. 128–133. EDN YOOVCW.

References

1. Emelyanova A. S., Nikitov S. V. Analysis of the relationship between the primary indicators of variation pulseograms of cows and milk productivity when using the additive "Vitartil". *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2012;3:250–251. EDN PBPEOF (in Russ.).
2. Emelyanova A. S., Stepura E. E., Gerasimov M. A. Analysis of vegetative tone of Jersey cows. Proceedings from Agro-industrial complex: contours of the future: *IX Mezhdunarodnaya*

nauchno-prakticheskaya konferentsiya. (PP. 248–252), Kursk, Kurskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya, 2018. EDN RZQFJR (in Russ.).

3. Naumov M. M., Emelyanova A. S., Stepura E. E., Pakhomov V. A. Electrophysiological parameters of heart rate variability in Jersey cows. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii*, 2022;6:97–103. EDN BMRPDN (in Russ.).

4. Stepura E. E. Analysis of electrophysiological parameters of heart rate variability in animals with different vegetative status. *Vestnik Moskovskogo gorodskogo pedagogicheskogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki*, 2022;2(46):8–16. doi: 10.25688/2076-9091.2022.46.2.01. EDN TKHIXA (in Russ.).

5. Stepura E. E. Analysis of the dynamic series of secondary indicators of variation pulsograms of Jersey cows. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*, 2017;6(108):28–31. EDN YTVWDF (in Russ.).

6. Stepura E. E. Analysis of heart rate variability indicators of Jersey cows. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2017;11(211):110–114. EDN YLQIEY (in Russ.).

7. Emelyanova A. S., Stepura E. E. Initial vegetative tone of Jersey cows based on the stress index and its analysis. *Estestvennye nauki*, 2017;4(61):128–133 EDN YOOVCW (in Russ.).

© Степура Е. Е., Федоров В. И., Дмитриева Т. И., 2025

Статья поступила в редакцию 03.09.2025; одобрена после рецензирования 09.09.2025; принята к публикации 10.09.2025.

The article was submitted 03.09.2025; approved after reviewing 09.09.2025; accepted for publication 10.09.2025.

Информация об авторах

Степура Евгений Евгеньевич, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии сельскохозяйственных животных и экологии, Арктический государственный агротехнологический университет, chimik89@mail.ru;

Федоров Валерий Иннокентьевич, доктор биологических наук, ректор, Арктический государственный агротехнологический университет, vfedorov_09@mail.ru;

Дмитриева Туяра Ивановна, специалист научно-исследовательской части, Арктический государственный агротехнологический университет, dark_dell@mail.ru

Information about the authors

Evgeniy E. Stepura, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Physiology of Farm Animals and Ecology, Arctic State Agrotechnological University, chimik89@mail.ru;

Valery I. Fedorov, Doctor of Biological Sciences, Rector, Arctic State Agrotechnological University, vfedorov_09@mail.ru;

Tuyara I. Dmitrieva, Specialist of the Research Department, Arctic State Agrotechnological University, dark_dell@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.