

УДК 636.1:591.1

Степура Евгений Евгеньевич

кандидат биологических наук, доцент

Арктический государственный агротехнологический университет

Stepura Evgeniy Evgenievich

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Arctic State Agrotechnological University

Лялина Ирина Юрьевна, доцент

Государственный университет просвещения

Lyalina Irina Yurievna, Associate Professor

State University of Education

Федоров Валерий Иннокентьевич

доктор биологических наук, ректор

Арктический государственный агротехнологический университет

Fedorov Valery Innokentievich

Doctor of Biological Sciences, Rector

Arctic State Agrotechnological University

**ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА
(ИНДЕКСЫ КАПЛАНА) У ЛОШАДЕЙ РУССКОЙ ВЕРХОВОЙ ПОРОДЫ
INTEGRAL INDICES OF HEART RATE VARIABILITY (KAPLAN INDICES)
IN HORSES OF THE RUSSIAN SADDLE BREED**

Аннотация. В статье представлены результаты анализа интегральных показателей вариационной пульсометрии (индексов Каплана) у лошадей русской верховой породы. Установлены референтные значения индекса дыхательной модуляции ($8,08 \pm 1,045$ у.е.), индекса симпато-адреналового тонуса ($107,02 \pm 15,41$ у.е.) и индекса медленноволновой аритмии ($19,73 \pm 2,45$ у.е.). Выявлен вегетативный дисбаланс, характеризующийся снижением парасимпатической активности (низкий ИДМ) и умеренным повышением симпатического тонуса (повышенный ИСАТ), при сохранении оптимального уровня гуморально-метаболических влияний (ИМА).

Abstract. The article presents the results of the analysis of integral indices of variation pulsometry (Kaplan indices) in horses of the Russian saddle breed. Reference values of the respiratory modulation index (8.08 ± 1.045 units), the sympatho-adrenal tone index (107.02 ± 15.41 units) and the slow-wave arrhythmia index (19.73 ± 2.45 units) were established. A vegetative imbalance was revealed, characterized by a decrease in parasympathetic activity (low IDM) and a moderate increase in sympathetic tone (increased ISAT), while maintaining an optimal level of humoral-metabolic influences (IMA).

Ключевые слова: Индексы Каплана, индекс дыхательной модуляции, индекс симпато-адреналового тонуса, индекс медленноволновой аритмии, русская верховая порода, лошади.

Keywords: Kaplan indices, respiratory modulation index, sympatho-adrenal tone index, slow-wave arrhythmia index, Russian saddle breed, horses.

Введение. Индексы Каплана являются интегральными показателями вариабельности сердечного ритма, разработанными для комплексной оценки вегетативной регуляции сердечной деятельности. Индекс дыхательной модуляции (ИДМ) отражает степень влияния дыхательного ритма на вариабельность кардиоинтервалов и активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. Индекс симпато-адреналового тонуса (ИСАТ) является маркером активности симпатического звена регуляции сердечной деятельности. Индекс медленноволновой аритмии (ИМА) отражает состояние гуморально-метаболических влияний на сердечный ритм и активность надсегментарных (центральных) механизмов регуляции [1, 6].



Для лошадей русской верховой породы, используемых в спортивном тренинге, оценка данных интегральных показателей имеет важное значение для понимания механизмов адаптации сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам.

Целью исследования являлось определение референтных значений индексов Каплана у лошадей русской верховой породы в состоянии относительного покоя на основе математической обработки ЭКГ.

Материалы и методы исследования. Исследования проводились на 60 клинически здоровых лошадях русской верховой породы ($n=60$), используемых в спортивной подготовке. Возрастной диапазон составлял от 2 до 20 лет. Регистрацию ЭКГ проводили с использованием аппаратно-программного комплекса «CONAN-п».

Расчёт индексов Каплана проводили по следующим формулам:

Индекс дыхательной модуляции (ИДМ) = $(0,5 \times \text{RMSSD} / \text{RRNN}) \times 100\%$, у.е.

Индекс симпато-адреналового тонуса (ИСАТ) = $\text{АМо} / \text{ИДМ} \times 100\%$, у.е.

Индекс медленноволновой аритмии (ИМА) = $(1 - 0,5 \times \text{ИДМ} / \text{CV}) \times 100\% - 30$, у.е.

Статистическую обработку проводили с использованием пакета Statistica 10.0.

Результаты собственных исследований. В таблице 1 представлены интегральные показатели вариационной пульсометрии (индексы Каплана), полученные при исследовании лошадей русской верховой породы в состоянии относительного покоя.

Таблица 1

Показатели Каплана вариационной пульсометрии (интегральные показатели ВСР)
лошадей русской верховой породы, $M \pm m$ ($n=60$)

Статистические показатели	ИДМ, у.е.	ИСАТ, у.е.	ИМА, у.е.
$M \pm m$	$8,08 \pm 1,045$	$107,02 \pm 15,41$	$19,73 \pm 2,45$
Limmin	2,74	29,00	11,00
Limmax	10,38	123,00	40,70

Примечание: ИДМ – индекс дыхательной модуляции; ИСАТ – индекс симпато-адреналового тонуса; ИМА – индекс медленноволновой аритмии.

Среднее значение ИДМ составило $8,08 \pm 1,045$ у.е., варьируя от 2,74 до 10,38 у.е. ИДМ оценивает степень влияния дыхательного ритма на вариабельность кардиоинтервалов. Высокие значения ИДМ свидетельствуют о выраженной дыхательной аритмии и преобладании парасимпатических влияний. Полученное значение (8,08 у.е.) свидетельствует о сниженной дыхательной модуляции, что указывает на ослабление парасимпатических влияний на сердечный ритм по сравнению с породами, характеризующимися выраженной ваготонией.

Среднее значение ИСАТ составило $107,02 \pm 15,41$ у.е., варьируя от 29,00 до 123,00 у.е. ИСАТ отражает активность симпатического звена регуляции сердечной деятельности. Полученное значение находится в диапазоне, характерном для умеренной симпатической активности, что согласуется с данными о вегетативном дисбалансе у спортивных лошадей в период активного тренинга.

Среднее значение ИМА составило $19,73 \pm 2,45$ у.е., варьируя от 11,00 до 40,70 у.е. ИМА отражает состояние гуморально-метаболических и центральных влияний на сердечный ритм. Полученное значение свидетельствует об оптимальном уровне гуморально-метаболических влияний, что указывает на сохранность центральных механизмов регуляции.

Анализ индексов Каплана позволяет охарактеризовать вегетативный статус лошадей русской верховой породы с позиций интегральной оценки активности различных звеньев регуляции. Значение ИДМ=8,08 у.е. свидетельствует о сниженной парасимпатической



модуляции сердечного ритма. Для сравнения, у лошадей с выраженной ваготонией (например, якутской породы) значения ИДМ могут достигать 20–30 у.е. Снижение ИДМ указывает на ослабление дыхательной аритмии, что может быть связано с относительным преобладанием симпатических влияний. Широкий диапазон значений (2,74–10,38 у.е.) свидетельствует о значительных индивидуальных различиях в парасимпатической активности.

Значение ИСАТ=107,02 у.е. находится в диапазоне, характерном для умеренной симпатической активности. Для сравнения, у ваготоников ИСАТ составляет 20–40 у.е., у симпатикотоников – 150–200 у.е. и более. Полученное значение указывает на активацию симпато-адреналовой системы, что может быть связано с тренировочным процессом и адаптацией к физическим нагрузкам. Широкий диапазон значений (29–123 у.е.) отражает разнообразие вегетативных типов в исследуемой выборке.

Значение ИМА=19,73 у.е. находится в пределах физиологической нормы. ИМА отражает вклад гуморально-метаболических и центральных механизмов в регуляцию сердечного ритма. Отсутствие экстремально высоких значений (максимум 40,70 у.е.) свидетельствует об отсутствии выраженного напряжения центральных регуляторных механизмов.

Взаимосвязь между индексами Каплана позволяет охарактеризовать тип вегетативной регуляции. Сочетание низкого ИДМ и умеренно повышенного ИСАТ при нормальном ИМА указывает на дисбаланс в сторону симпатической активации при сохранности центральных механизмов регуляции. Такой тип регуляции характерен для спортивных лошадей в период активного тренинга.

Заключение. Таким образом, при математическом анализе вариабельности сердечного ритма у лошадей русской верховой породы установлены следующие референтные значения индексов Каплана: индекс дыхательной модуляции – $8,08 \pm 1,045$ у.е. (2,74–10,38 у.е.); индекс симпато-адреналового тонуса – $107,02 \pm 15,41$ у.е. (29,00–123,00 у.е.); индекс медленноволновой аритмии – $19,73 \pm 2,45$ у.е. (11,00–40,70 у.е.).

Полученные данные свидетельствуют о наличии вегетативного дисбаланса у лошадей русской верховой породы, характеризующегося снижением парасимпатической активности (низкий ИДМ) и умеренным повышением симпатического тонуса (повышенный ИСАТ), при сохранении оптимального уровня гуморально-метаболических влияний (ИМА). Такой тип регуляции может отражать адаптацию сердечно-сосудистой системы к тренировочным нагрузкам и свидетельствует о состоянии напряжения регуляторных систем, но при сохранении адаптационного потенциала.

Полученные референтные значения индексов Каплана могут быть использованы в ветеринарной практике для оценки функционального состояния и адаптационных резервов лошадей русской верховой породы

Список литературы:

1. Емельянова, А.С. Анализ показателей А.Я. Каплана вариабельности сердечного ритма коров джерсейской породы с разным вегетативным статусом / Емельянова А.С., Емельянов С.Д. // В сборнике: Актуальные проблемы медико-биологических наук и спорта. Сборник материалов Международной науч.-практ. Конф. Коломна, 2022. С. 42–51.
2. Емельянова, А.С. Взаимосвязь индекса напряжения с коэффициентом монотонности у животных / Емельянова А.С., Герасимов М.А., Емельянов С.Д. // В сборнике: Инновации в научно-техническом обеспечении АПК России. Материалы Всероссийской (национальной) науч.-практ. конф. Курск, 2020. С. 355–360.
3. Наумов, М. М. Клиническая электрофизиология животных / М. М. Наумов, А. С. Емельянова, Н. М. Наумов [и др.]. – Курск: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. И.И. Иванова, 2020. – 228 с. – ISBN 978-5-907167-41-4. – DOI 10.18411/978-5-907167-41-4-2020.
4. Степура Е.Е. Актуальность исследования вариабельности сердечного ритма в спортивном коневодстве / Е.Е. Степура // Современные способы повышения продуктивных качеств сельскохозяйственных животных, птиц и рыб. – Саратов, 2020. – С. 131–134.



5. Степура Е.Е. Актуальность исследования вариационных пульсограмм в конном спорте / Е.Е. Степура, Д.А. Дармограев // Современные цифровые технологии в агропромышленном комплексе. – 2020. – С. 202-205.

6. Степура, Е. Е. Анализ вторичных показателей вариационных пульсограмм коров джерсейской породы с разным вегетативным тонусом / Е. Е. Степура // Актуальные проблемы биологии и экологии: Материалы международной научно-практической конференции, Грозный, 15 мая 2018 года. – Грозный: ИП Овчинников Михаил Артурович (Типография Алеф), 2018. – С. 56-61.

7. Степура, Е. Е. Корреляционная ритмография в диагностике аритмии у коров / Е. Е. Степура, В. И. Федоров, М. М. Наумов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2025. – № 5. – С. 107-113.

8. Степура, Е. Е. Электрофизиологические предикторы срывов адаптационных реакций у крупного рогатого скота / Е. Е. Степура, В. И. Федоров, М. М. Наумов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2025. – № 2. – С. 121-125

