



2025. Номер 11, С 45 – 56

Отримано: 28.03.2025 Прийнято: 22.04.2025 Опубліковано: 29.05.2025

DOI: 10.31890/vttp.2025.11.04

UDC 636.7.09:612.171

**ASSESSMENT OF THE AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM STATE IN DOGS BASED
ON HEART RATE VARIABILITY**
(review article)

O.M. Bobrytska, O.V. Khavin, V.I. Redko, L.A. Vodopianova, I.O. Zhukova.

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine,

E-mail: olga.bobritskaya2410@gmail.com

Annotation. This review is devoted to the analysis of heart rate variability (HRV) as a tool for assessing the state of the autonomic nervous system (ANS) in dogs. The anatomical and physiological features of the ANS in dogs are considered, including its unique characteristics, such as the absence of typical cardiac plexuses and the specialized organization of sympathetic and parasympathetic pathways. HRV is defined as the change in the intervals between successive heart contractions, which is a key marker of autonomic regulation and the balance between the sympathetic and parasympathetic branches of the ANS. The paper describes in detail the methodology for assessing HRV, in particular the time and frequency domains of analysis. It is shown that short-term ECG recordings (up to 2 hours) are optimal for dogs due to technical and behavioral limitations. The main HRV parameters, such as SDNN, RMSSD, LF, HF and the LF/HF ratio, which allow differentiating the influence of sympathetic and parasympathetic activity, are evaluated. Particular attention is paid to the practical application of HRV in veterinary medicine, including the assessment of stress, emotional state, postoperative recovery, and monitoring of cardiovascular diseases, such as degenerative mitral valve disease. Potential limitations of the method are considered, in particular the need for standardization of measurement protocols, as well as the influence of physiological and breed characteristics on the interpretation of results. Directions for further research are proposed, including the integration of HRV with other physiological parameters, the study of the interaction of the ANS with the emotional regulation system, and the influence of various external factors on HRV. The review confirms the importance of HRV as a universal, non-invasive biomarker for assessing the state of the ANS in dogs, which has significant potential for clinical and research applications.

Key words: *autonomic nervous system, heart rate variability, sympathetic activity, parasympathetic activity, stress in dogs, ECG analysis, veterinary medicine.*

ОЦІНКА СТАНУ АВТОНОМНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ У СОБАК ЗА ВАРІАБЕЛЬНОСТЮ СЕРЦЕВОГО РИТМУ (оглядова стаття)

О.М. Бобрицька, О.В. Хавін, В.І. Редько, Л.А. Водоп'янова, І.О. Жукова

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна,

E-mail: olga.bobritskaya2410@gmail.com

Анотація. Цей огляд присвячений аналізу варіабельності серцевого ритму (ВСР) як інструменту для оцінки стану автономної (вегетативної) нервової системи (ВНС) у собак. Розглянуто анатомо-фізіологічні особливості ВНС у собак, включаючи її унікальні характеристики, такі як відсутність типових кардіальних сплетень і спеціалізована організація симпатичних і парасимпатичних шляхів. ВСР визначається як зміна інтервалів між послідовними серцевими скороченнями, що є ключовим маркером автономної регуляції та балансу між симпатичною і парасимпатичною гілками ВНС. У роботі детально описано методологію оцінки ВСР, зокрема часову та частотну області аналізу. Показано, що короткострокові записи ЕКГ (до 2 год) є оптимальними для собак через технічні й поведінкові обмеження. Оцінено основні параметри ВСР, такі як SDNN, RMSSD, LF, HF і співвідношення LF/HF, які дозволяють диференціювати вплив симпатичної та парасимпатичної активності. Особливу увагу приділено практичному застосуванню ВСР у ветеринарній медицині, включаючи оцінку стресу, емоційного стану, післяопераційного відновлення, а також моніторинг серцево-судинних захворювань, таких як дегенеративна мітральна хвороба клапанів. Розглянуто потенційні обмеження методу, зокрема необхідність стандартизації протоколів вимірювання, а також вплив фізіологічних і породних особливостей на інтерпретацію результатів. Запропоновано напрямки для подальших досліджень, включаючи інтеграцію ВСР із іншими фізіологічними параметрами, вивчення взаємодії ВНС із системою емоційної регуляції та впливу різних зовнішніх факторів на ВСР. Огляд підтверджує важливість ВСР як універсального, неінвазивного біомаркера для оцінки стану ВНС у собак, що має значний потенціал для клінічного та дослідницького застосування.

Ключові слова: Автономна нервова система, варіабельність серцевого ритму, симпатична активність, парасимпатична активність, стрес у собак, ЕКГ-аналіз, ветеринарна медицина.

Термін «вегетативна нервова система» або «автономна нервова система» (ВНС, англ. ANS) використовується у трьох контекстах: як вісцеральна еферентна іннервація (VE), що охоплює двонейронний шлях від центральної нервової системи (ЦНС) до внутрішніх органів; як сукупність вісцеральних еферентних (VE) та аферентних (GVA) шляхів, що забезпечують рефлекторну регуляцію функцій органів через спільні периферичні нерви; та як система, яка включає периферичну іннервацію разом із центральними регуляторними структурами мозку (гіпоталамус, стовбур мозку), що інтегрують і модулюють вісцеральну активність (Mayo et al., 2021; Egger, 2022). Ці три контексти забезпечують комплексне розуміння ВНС як ключового компонента регуляції життєдіяльності організму, який охоплює як анатомічні, так і функціональні аспекти її роботи.

Прямий нейронний контроль гомеостазу організму здійснюється ВНС, яка іннервує більшість залоз і гладких м'язів, включаючи судини та шлунково-кишковий тракт (LeBouef et al., 2025). ВНС складається з двох підсистем, що мають протилежний вплив на іннервовані тканини. Симпатична нервова система включає прегангліонарні нейрони, розташовані в грудному та поперековому відділах спинного мозку (інтермедіолатеральний стовп), які проєктуються до постгангліонарних нейронів у симпатичних гангліях,

розташованих поза хребтом (Wu et al., 2022). Постгангліонарні аксони іннервують цільові тканини, використовуючи норадреналін як основний нейромедіатор (Valensi, 2021). Активація симпатичної системи, наприклад під час стресу, викликає фізіологічне збудження: підвищення частоти серцевих скорочень, збільшення кровотоку до скелетних м'язів і зниження кровопостачання шлунково-кишкового тракту та шкіри, що пояснює відчуття «холодних рук і ніг» у стані збудження (La Rovere et al., 2022). Парасимпатична нервова система включає прегангліонарні нейрони, розташовані в дорсальному вагусному комплексі каудального стовбура мозку (ядра блукаючого нерва) та крижовому відділі спинного мозку, які проєктуються до постгангліонарних нейронів у периферичних гангліях (Wu et al., 2022). Постгангліонарні аксони іннервують цільові тканини, використовуючи ацетилхолін як основний нейромедіатор. Активація парасимпатичної системи сприяє розслабленню: знижується частота серцевих скорочень, а кровопостачання травної системи посилюється (Egger, 2022). Таким чином, симпатична система забезпечує мобілізацію ресурсів організму у відповідь на стрес, тоді як парасимпатична система підтримує стан спокою та відновлення.

Симпатична нервова система активує реакцію «бийся або тікай», що призводить до підвищення частоти серцевих скорочень (ЧСС) через вивільнення симпатичних нейромедіаторів, зокрема норадреналіну (Hernández-Domínguez et al., 2024). Норадреналін синтезується в нейронах, транспортується везикулами до адренергічних терміналів і вивільняється у відповідь на стимуляцію (Holland, et al., 2021). Потрапляючи в синаптичну щілину, він зв'язується з β -адренергічними рецепторами кардіоміоцитів, збільшуючи концентрацію внутрішньоклітинного кальцію. Це підсилює скоротливу активність серцевого м'яза, посилюючи його ефективність. Додатково, норадреналін зв'язується з α -адренергічними рецепторами, розташованими переважно в кровоносних судинах, що викликає вазоконстрикцію та підвищує периферичний опір (Duan et al., 2021).

На противагу цьому, парасимпатична нервова система забезпечує реакцію «відпочинок і травлення», яка знижує ЧСС за допомогою вагусних еферентних волокон, що вивільняють ацетилхолін (ACh) (Mayo et al., 2021). Ацетилхолін зв'язується з нікотинними і мускариновими рецепторами, зокрема рецептором типу M2. Цей рецептор активує білки G_i, які через субодиниці β - λ стимулюють калієві канали випрямлення (Kim et al., 2018), викликаючи гіперполяризацію мембрани кардіоміоцитів. Це гальмує їх збудливість і спричиняє зниження ЧСС (Wu et al., 2022). Таким чином, симпатична і парасимпатична системи діють антагоністично, забезпечуючи динамічний контроль серцевої функції та адаптацію організму до змін навколишнього середовища.

Автономна нервова система собак має низку особливостей, які відрізняють її від систем інших видів (Matsushita et al., 2022). Зокрема, у них відсутні типові для людини кардіальні сплетіння; натомість формується пре-трахеальне сплетіння, яке забезпечує іннервацію серця через локалізовані коронарні та вентральні шлуночкові сплетіння (Piccirillo et al., 2009). Іннервація органів черевної порожнини відзначається складною мережею целиакального та мезентеріального сплетінь, що включає численні ганглії та філаменти, які забезпечують прямий зв'язок зі шлунком і печінкою (Mizeres, 1954). У собак також відсутні окремі малий і найменший спланхнічні нерви, характерні для людини; їхню функцію виконує єдиний великий грудний спланхнічний нерв. Особливістю є тазове сплетіння, яке утворюється за рахунок гіпогастральних і тазових нервів і відповідає за іннервацію сечового міхура, прямої кишки та інших органів тазової порожнини. Така організація вегетативної системи забезпечує ефективну регуляцію функцій внутрішніх органів, що відповідає фізіологічним і функціональним потребам собак (Matsushita et al., 2022).

ВНС займається активацією аварійних механізмів, а також відновленням і збереженням внутрішнього середовища організму (Hyun, & Sohn, 2022). Він підтримує стабільний стан у внутрішньому середовищі для безперервної ефективної функції організму, яка називається гомеостазом (Jänig, 2022). Щоб виконувати ці функції, ВНС має

отримувати інформацію від тіла через сенсорні нейрони, потім обробляти цю інформацію в центрах у мозку та надсилати відповіді назад до тіла через стовбур мозку та спинний мозок, які активують відповідні механізми (LeBouef et al., 2025). Вимірювання частоти серцевих скорочень (ЧСС) та варіабельності серцевого ритму (BCP) є все більш поширеним, неінвазивним методом оцінки стресу та добробуту тварин (Bidoli et al., 2022). Високий рівень збудження зазвичай супроводжується підвищенням ЧСС, що відображає збільшення швидкості деполяризації синусового вузла (Hafez & Chang, 2024; Varga et al., 2018). Підвищення симпатичної активності та зниження парасимпатичної активності спричиняють зміщення симпато-парасимпатичного балансу з безперервними коливаннями ЧСС (Peltola, 2012). Коливання між інтервалами RR (часовими проміжками між послідовними ударами серця) кількісно оцінюють за допомогою BCP, яка виступає об'єктивним маркером вегетативної активності (Rogers et al., 2022). Таким чином, BCP є цінним інструментом для аналізу автономної регуляції серцевого ритму та фізіологічної адаптації до стресових факторів. *Варіабельність серцевого ритму: визначення та фізіологічна основа.* Malliani et al. (1991) встановили, що варіабельність серцевого ритму (BCP) визначається як зміна інтервалів між послідовними серцевими скороченнями, зареєстрованими за допомогою електрокардіограми (ЕКГ) (Malliani et al., 1991). BCP відображає модуляцію синоатріального вузла вегетативною нервовою системою (ВНС), яка складається з симпатичної (СНС) і парасимпатичної (ПНС) гілок. Ці дві гілки регулюють частоту серцевих скорочень (ЧСС), викликаючи її коливання від удару до удару. Stein et al. (1994) додали, що на синоатріальний вузол також впливають інші аферентні сигнали, включаючи активність барорецепторів, сенсорних рецепторів, дихальні цикли, вазомоторну регуляцію, терморегуляцію, зміни ендокринної функції, а також дію ренін-ангіотензинової системи та циркадні ритми (Stein et al., 1994). Вони підкреслили, що ці багатofакторні впливи інтегруються в механізмі BCP, роблячи його надійним показником вегетативної регуляції серця. Anaruma et al. (2016) зазначили, що BCP є універсальним маркером, який дозволяє оцінити вегетативну модуляцію серця (Anaruma et al., 2016). Для цього сигнал BCP отримують шляхом безперервного моніторингу ЕКГ (холтер-моніторування), що реєструє інтервали між нормальними комплексами QRS. Дані аналізуються автоматизованими системами, що дозволяє оцінювати параметри BCP у часовій та частотній областях, надаючи об'єктивну характеристику стану ВНС.

Статистичні параметри часової області включають: SDNN (Standard Deviation of NN intervals): стандартне відхилення NN-інтервалів, що відображає загальну варіабельність; SDSD (Standard Deviation of Successive Differences): стандартне відхилення послідовних різниць NN-інтервалів; RMSSD (Root Mean Square of Successive Differences): середньоквадратичне значення різниць між послідовними NN-інтервалами; NN50 (%) та pNN50 (%): кількість і відсоток послідовних NN-інтервалів, що відрізняються більше ніж на 50 мс. Параметри RMSSD та pNN50 мають тісний зв'язок із високочастотним компонентом (HF) у частотній області аналізу. Ці показники широко використовуються як маркери парасимпатичної активності.

Методи часової області є простими у розрахунках і дозволяють оцінити загальну варіабельність серцевого ритму (BCP), однак вони не дають можливості розрізнити внесок симпатичної та парасимпатичної нервової систем у регуляцію BCP (Faust et al., 2022). Методи частотної області, хоч і є більш технічно складними, надають глибшу фізіологічну інформацію, що дозволяє оцінити специфічний вплив різних регуляторних механізмів (Anaruma et al., 2016). Основні параметри частотної області включають: TP (Total Power), ULF (Ultra Low Frequency), VLF (Very Low Frequency), LF (Low Frequency), HF (High Frequency), LFnu (Normalized LF), HFnu (Normalized HF) і LF/HF. Спектр потужності охоплює частоти в діапазоні від 0 до 0,5 Гц і поділяється на чотири основні смуги (Calvert, 1998; Mitchell & Schwarzwald, 2021): ULF (Ultra Low Frequency): Ця компонента відображає довгострокові фізіологічні процеси, зокрема терморегуляцію, активність ренін-ангіотензинової системи та рівень фізичної активності. Її аналіз вимагає тривалих записів і

найчастіше застосовується у клінічних дослідженнях; VLF (Very Low Frequency): Цей компонент асоціюється з повільними процесами, такими як регуляція судинного тону та нейрогуморальна активність; HF (High Frequency): HF-компонент, як правило, вважається маркером парасимпатичної (вагусної) активності. Він відображає дихальні коливання та є чутливим до частоти дихання. Синоатріальний вузол реагує на вагусний вплив, забезпечуючи респіраторну модуляцію частоти серцевих скорочень; LF (Low Frequency): Ця компонента модулюється як симпатичною, так і парасимпатичною нервовими системами, однак її збільшення часто пов'язують із підвищенням симпатичної активності, наприклад, під час стресу або під впливом симпатоміметиків.

При цьому співвідношення LF до HF є важливим показником глобального симпатовагального балансу, що відображає відносний вплив симпатичної та парасимпатичної нервових систем. Збільшення LF/HF свідчить про домінування симпатичної активності, що може бути індикатором стресу чи патологічних станів (Huang et al., 2024). Методи частотного аналізу є незамінними для оцінки фізіологічних механізмів, що впливають на ВСР, і забезпечують цінну інформацію про функціональний стан автономної нервової системи.

Загальновідомо, що частота серцевих скорочень (ЧСС) відображає баланс між симпатичним і парасимпатичним впливом. У собак із підвищеним рівнем респіраторної синусоїдальної аритмії (РСА) на ЧСС також впливає характер дихання, оскільки hR підвищується під час вдиху і стає більш вираженим при повільному повітряному потоці (Hirsch & Bishop, 1981). Єдиний момент, коли ЧСС мінімально залежить від дихання, спостерігається наприкінці видиху. Це дозволяє припустити, що вагусно-симпатичний вплив на серцевий ритм краще відображається через hR-жолоб, ніж через середню ЧСС. З цього випливає, що наявний зв'язок між РСА та ЧСС може розглядатися як побічний результат більш вираженого зв'язку між РСА та hR-жолобом. Тому амплітуда РСА не може розглядатися виключно як індикатор «вагусного тону» (Hanton & Rabemampianina, 2006), оскільки вона також відображає «симпатичний тонус». При сильному симпатичному впливі, коли ЧСС перевищує порогове значення hR-мінімуму близько 160 ударів/хв, РСА зникає (Grosso et al., 2021). Friedmann et al. (1995, 2003) показали, що володіння собакою збільшує виживаність після інфаркту міокарда та супроводжується зростанням добової ВСР порівняно з контрольною групою. Низький рівень РСА може свідчити про відсутність нейронної регуляції серцевого ритму, як у пацієнтів після трансплантації серця (Bernardi et al., 1989), або про надмірно сильний симпатичний контроль у порівнянні з вагусним. Фармакологічні дослідження, що оцінюють РСА після блокади вагусного або симпатичного контролю, могли б надати важливу інформацію, проте наразі такі дані відсутні (Grosso et al., 2021).

Особливості ВСР у собак. Собаки є найкращими тваринними моделями для вивчення ВСР у відношенні до людини (Manzo et al., 2009). Аналіз варіабельності серцевого ритму (ВСР) у часовій області базується на оцінці інтервалів між нормальними серцевими ударами, зареєстрованими під час безперервного запису електрокардіограми (ЕКГ). У людей стандартним підходом є використання безперервного 24-годинного запису ЕКГ для забезпечення надійності даних. Однак, у собак отримання записів хорошої якості протягом такого тривалого періоду є складним завданням через технічні та поведінкові обмеження. Замість традиційного 24-годинного періоду, як зазначено в роботі Boguski (2015), у дослідженнях собак зазвичай застосовуються короткострокові записи, тривалістю близько 2 годин. Цей підхід забезпечує достатню кількість даних для аналізу та зменшує ризик артефактів.

ВСР у собак функціонує дещо відмінно порівняно з людьми частково через виражену респіраторну синусову аритмію у собак (Koskela et al., 2024). Mortola et al. (2018) досліджуючи групу зі 142 молодих дорослих чоловіків і жінок встановив, що середній рівень респіраторної синусоїдальної аритмії (РСА), виміряний за допомогою ідентичної методики та аналізу становить 12,5 % (Mortola et al., 2018). У коней середній рівень РСА становив 9% (Piccione et al., 2019), тоді, як у собак 40 %, що приблизно втричі перевищує

показники для людей (Grosso et al., 2021). Аналіз «дихання за вдихом» дозволив кількісно оцінити певні аспекти респіраторної синусоїдальної аритмії (РСА) у собак, які раніше були невідомі або оцінювалися лише якісно. У середньому, рівень РСА у собак принаймні втричі вищий, ніж у людей, із значною варіабельністю як між окремими тваринами, так і всередині однієї тварини. РСА не змінювався систематично залежно від маси тіла, проте знижувався при підвищенні частоти дихання та частоти серцевих скорочень. Найкраща кореляція РСА спостерігалася із hR-западиною під час видиху, ймовірно, тому, що вона краще відображає баланс між парасимпатичним і симпатичним впливом на серцевий ритм, ніж hR-пік або середня ЧСС. Таким чином, традиційне трактування РСА як індексу «тонуусу блукаючого нерва» є надто спрощеним. Аритмія у собак, що проявляється варіабельністю міжінтервального інтервалу (ІВІ), лише частково залежить від РСА, оскільки РСА становить менше половини загальної варіабельності ІВІ. Крім того, при переході від стану спокою до задишки РСА зберігався, незважаючи на прогресуючу невідповідність між ним і диханням. Це роз'єднання, ймовірно, свідчить про відмінності у центральному нейронному походженні дихання у стані спокою та під час задишки (Grosso et al., 2021).

Оскільки значення високочастотного компонента (ВЧ) залежать від частоти дихання, записи ЕКГ для аналізу варіабельності серцевого ритму (ВСР) у собак завжди повинні проводитися в умовах нормального, ритмічного дихання. Це є важливим стандартом для забезпечення точності аналізу параметрів ВСР, оскільки частота дихання безпосередньо впливає на ВЧ-компонент, який є маркером вагусної активності. Дослідження Bogucki & Noszczyk-Nowak (2015) не виявило суттєвих відмінностей у параметрах ВСР між самцями та самками собак (Bogucki & Noszczyk-Nowak, 2015). Це дозволяє використовувати однакові референтні значення параметрів ВСР для обох статей, що спрощує інтерпретацію результатів і підвищує універсальність методики.

Дослідження підтверджують ефективність ВСР у виявленні порушень АНС у собак, свиней та інших тварин (Bogucki & Noszczyk-Nowak, 2017). На показники ВСР впливають численні фактори, включаючи вид, порода, вік, а також емоційні та фізіологічна активність (Katayama et al., 2016). Зокрема, анатомічна будова обличчя у собак брахіцефальних порід асоціюється зі значним зниженням ВСР порівняно з іншими породами (Doxey, & Boswood, 2004). Водночас такі фактори, як вік, стать і маса тіла, не виявили істотного впливу на ВСР у собак породи спанієль (Rasmussen et al., 2011). *ВСР як маркер емоційного та фізіологічного стану.* Розуміння рівноваги вегетативної нервової системи (ВНС), яка опосередковує поведінкові та фізіологічні реакції на різні емоційні процеси, є важливим способом оцінки емоційних станів і загального благополуччя тварин (Kreibig, 2010). ВСР у здорових особин відображає динамічний психофізіологічний стан, що регулюється двома гілками ВНС: симпатичною та парасимпатичною. Завдяки цьому вимірювання ВСР забезпечує об'єктивні показники автономної рівноваги між активністю цих гілок (Porges, 1995). Основним показником ВСР у часовій області є середньоквадратичне значення послідовних різниць між міжтактними інтервалами (RMSSD). Цей параметр вважається надійним індикатором активності парасимпатичної нервової системи. У частотному аналізі високочастотний спектральний компонент (ВЧ) асоціюється з дихальними флуктуаціями і позитивно корелює з RMSSD. Низькочастотна складова (НЧ) спектру, своєю чергою, може відображати як активність симпатичної нервової системи, так і змішану регуляцію симпатичної та парасимпатичної активності (Maros et al., 2008). Співвідношення потужності НЧ до ВЧ (НЧ:ВЧ) використовується як показник балансу між симпатичною та парасимпатичною регуляцією серцевого ритму.

Експерименти, проведені у Шведському університеті сільськогосподарських наук (Уппсала), продемонстрували, що вегетативна функція значно впливає на серцево-судинну діяльність у відповідь на позитивні емоційні стани. Нові методики вимірювання дозволили показати, що підвищене співвідношення ЧСС (частота серцевих скорочень) та НЧ:ВЧ свідчить про більш високе емоційне збудження. Водночас, знижена ЧСС і спектральна потужність НЧ можуть відображати позитивну валентність, пов'язану зі спокійним і

задоволеним психологічним станом (Zaffalon Júnior et al., 2018). Системи винагород у собак активують симпатичний відділ ВНС, що, ймовірно, є маркером стану збудження (Zupan et al., 2016b). Вищі значення ЧСС корелюють із більш високим рівнем збудження, а це ще більше підсилюється збільшенням співвідношення НЧ:ВЧ.

Murayama et al. (2020) припустили, що індекси фізичної активності та варіабельності серцевого ритму (BCR) розподіляються відповідно до ліній регресії, причому емоційні стимули впливають на кожен із параметрів BCR по-різном. У дослідженні Katayama et al. (2019) було оцінено емоційні стани задоволення та незадоволення у собак за допомогою BCR. Автори встановили, що приємні емоції асоціюються зі зниженням RMSSD, тоді як дискомфорт корелює зі зниженням SDNN (Katayama et al., 2019). Однак важливим залишається питання розмежування впливу емоцій та фізичних вправ на BCR. Як зазначено у Von Borell et al. (2007), фізичні вправи мають значний вплив на вегетативну нервову систему, що може ускладнювати оцінку емоційних станів за допомогою BCR через плутаність факторів (Von Borell et al., 2007). Для точної оцінки емоцій у тварин необхідно проводити дослідження, які окремо аналізують вплив рухової активності та емоційних стимулів на BCR, особливо в умовах вільного руху. Фізичні вправи тісно пов'язані з реакціями вегетативної нервової системи, включаючи серцеву активність. Як зазначено Kreibitz (2010), у людини під час ініціювання фізичної активності автономна нервова система сприяє адаптації до поведінкових вимог, проте ці зміни часто не відображають емоції як основний вплив (Kreibitz, 2010). Цей комплексний підхід до аналізу BCR дозволяє краще розуміти взаємодію між емоційними, фізіологічними та руховими факторами у тварин, забезпечуючи більш точну інтерпретацію даних.

Негативні емоції, такі як стрес, здатні знижувати показники BCR або викликати їх порушення (Zupan et al., 2016a). BCR виявляється чутливим маркером, який дозволяє не лише оцінювати фізіологічний стан тварин, але й аналізувати їхні реакції на емоційні стимули. Це робить BCR важливим інструментом як у дослідницькій, так і у клінічній ветеринарній практиці. Частота серцевих скорочень має тенденцію до збільшення симпатичної активності та зниження парасимпатичної активності, що призводить до симпатико-парасимпатичного автономного балансу з безперервним коливанням ЧСС. Припущено, що базально-вегетативні стани можуть представляти індекс вразливості до стресу, який може бути вищим у осіб із низьким вагусним тонусом (тобто низькою BCR) (Bidoli et al., 2022).

Поведінка собак може бути синхронізована як із людьми, так і з іншими собаками того ж виду (Duranton & Gaunet, 2018). Ця синхронізація стає більш вираженою, коли соціальний зв'язок між собакою та людиною є сильнішим (Duranton et al., 2019). Хоча синхронність у поведінці та гормональному фоні між собаками та людьми нещодавно привернула значну наукову увагу, синхронізація вегетативної нервової системи у парах "собака–власник" залишається відносно мало вивченою (Sundman et al., 2019). Дослідження показали, що загальна варіабельність серцевого ритму (BCR) собаки є єдиним значущим прогностичним фактором для BCR її власника (Ortmeyer & Katzel, 2020). Фізіологія та поведінка собак кооперативних порід та їхніх власників виявляють взаємну модульованість, яка демонструє наявність фізіологічного та емоційного зв'язку, схожого на відносини прихильності між людьми (Koskela et al., 2024). *BCR у клінічних умовах.* У ветеринарній медицині BCR частіше використовується в дослідницьких дослідженнях, ніж у клінічній практиці. BCR є цінним інструментом для дослідників і кардіологів у галузі ветеринарії завдяки своїй неінвазивності, простоті виконання та чутливості до змін у регуляції серцевої діяльності (Frick et al., 2019). Методика BCR дозволяє оцінити автономну регуляцію серцевої діяльності у тварин, що робить її практичним і універсальним інструментом для моніторингу фізіологічного стану (Jarkovska et al., 2017). Зокрема, дослідження здорових собак різних порід та собак із застійною серцевою недостатністю виявило, що у тварин із серцевою недостатністю значно знижена BCR, про що свідчить порушення таких показників, як VVTI.

Варіабельність серцевого ритму (BCP) є корисним і неінвазивним біомаркером, який відображає стан вегетативної нервової системи, психологічне здоров'я та рівень стресу (Kim et al., 2018). Зниження BCP у стані спокою свідчить про наявність вегетативної дисфункції, що може бути пов'язано з підвищеним ризиком метаболічних розладів і смертності від серцево-судинних захворювань (Wulsin et al., 2015). З віком показники BCP поступово знижуються, що є природним процесом старіння (Umetani et al., 1998). Дослідження також демонструють, що як тривалий, так і короткочасний сидячий спосіб життя негативно впливає на BCP, сприяючи його зниженню. Наприклад, навіть короткі періоди тривалого сидіння асоціюються зі значним погіршенням показників BCP (Zaffalon Júnior et al., 2018). Регулярна фізична активність у має позитивний вплив на BCP (Ortmeyer & Katzel, 2020).

Згідно з дослідженням Oliveira et al. (2014), у собак із дегенеративною мітральною хворобою клапанів (DMVD) спостерігалися суттєві порушення серцевого ритму. Ці зміни включали високу частоту суправентрикулярних аритмій, підвищену частоту серцевих скорочень (ЧСС), меншу кількість пауз тривалістю понад 2,0 с між послідовними серцевими скороченнями, збільшену тривалість тахікардії та скорочений період брадикардії. Крім того, у цих собак спостерігалось зниження високочастотного компонента (HF), що відображає парасимпатичний контроль, і підвищення низькочастотного компонента (LF), який асоціюється із симпатичною та парасимпатичною активністю, порівняно з контрольними групами ($p < 0,05$). Автори також зазначили, що холтерівські параметри змінюються залежно від прогресування серцевої недостатності. Ці результати підкреслюють цінність моніторингу варіабельності серцевого ритму та інших холтерівських змінних для оцінки стану серцево-судинної системи у собак із DMVD.

BCP у собак знижується після анестезії та операції, і що зміни BCP можуть бути пов'язані з болем (Shafford et al., 2005). BCP також може використовуватися для моніторингу стану ВНС у післяопераційний період. Наприклад, дослідження Pastarapatee et al. (2017) показало, що у собак після спленектомії дисбаланс ВНС відображається у змінах показників BCP, таких як SDNN і RMSSD (Pastarapatee & Buranakarl, 2017). У свиней із перитонітом також було виявлено значні порушення BCP: підвищення LF-компонента і зниження SDNN, SDDSD, pNN50% та HF, що свідчить про серйозний дисбаланс автономної нервової системи (Jarkovska et al., 2017). Крім того, дослідження на собаках показали, що ерліхіоз спричиняє суттєві зміни BCP, зокрема збільшення співвідношення LF/HF і підвищення потужності LF-компонента, що вказує на домінування симпатичної активності.

Згідно даним Рубленко та ін. (2021), стан вегетативної нервової системи (ВНС) під час абдомінальних операцій у анестезованих собак характеризується зниженням показників нейрогуморальної регуляції серцевого ритму, а також зниженням симпатичної та парасимпатичної активності у середньому в 1,6–1,9 рази. Застосування ксилазин-тіопенталової анестезії призводить до більш суттєвого пригнічення ВНС — у 2,2–4,2 рази ($p < 0,05$). За цієї схеми анестезії спостерігається розвиток парасимпатикотонії (LF/HF – $0,77 \pm 0,02$), яка супроводжується наступним посиленням активності симпатичної ланки ВНС (LF/HF – $1,09 \pm 0,04$) у відповідь на операційну травму.

Висновки.

У собак автономна нервова система має унікальні особливості, зокрема відсутність типових кардіальних сплетінь із формуванням пре-трахеального сплетіння та специфічну іннервацію черевної й тазової порожнин. Варіабельність серцевого ритму (BCP) є важливим маркером, який дозволяє оцінювати стан вегетативної нервової системи; при цьому часова область аналізу забезпечує базову оцінку, тоді як частотна область дозволяє диференціювати симпатичну і парасимпатичну активність. Через технічні обмеження у собак зазвичай використовуються короткострокові записи (2 години). BCP є універсальним інструментом для моніторингу стресу, післяопераційного стану, серцево-судинних патологій і емоційних реакцій. Водночас існує потреба у вдосконаленні стандартів оцінки

ВСР у ветеринарній медицині з урахуванням породних, вікових і фізіологічних особливостей.

References

1. Anaruma, C. P., Ferreira Jr, M., Sponton, C. H. G., Delbin, M. A., & Zanesco, A. (2016). Heart rate variability and plasma biomarkers in patients with type 1 diabetes mellitus: Effect of a bout of aerobic exercise. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 111, 19–27. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2015.10.025>
2. Bernardi, L., Keller, F., Sanders, M., Reddy, P. S., Griffith, B., Meno, F., & Pinsky, M. R. (1989). Respiratory sinus arrhythmia in the denervated human heart. *Journal of Applied Physiology*, 67(4), 1447–1455. <https://doi.org/10.1152/jappl.1989.67.4.1447>
3. Bidoli, E. M. Y., Erhard, M. H., & Döring, D. (2022). Heart rate and heart rate variability in school dogs. *Applied Animal Behaviour Science*, 248, 105574. <https://doi.org/10.1016/J.APPLANIM.2022.105574>
4. Bogucki, S., & Noszczyk-Nowak, A. (2015). Short-term heart rate variability (HRV) in healthy dogs. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 18(2), 307–312. <https://doi.org/10.1515/pjvs-2015-0040>
5. Bogucki, S., & Noszczyk-Nowak, A. (2017). Short-term heart rate variability in dogs with sick sinus syndrome or chronic mitral valve disease as compared to healthy controls. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 20(1), 167–172. <https://doi.org/10.1515/pjvs-2017-0021>
6. Calvert, C. A. (1998). Heart rate variability. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, 28(6), 1409–1427. [https://doi.org/10.1016/s0195-5616\(98\)50129-5](https://doi.org/10.1016/s0195-5616(98)50129-5)
7. Duan, H., Cai, X., Luan, Y., Yang, S., Yang, J., Dong, H., Zeng, H., Shao, L. (2021). Regulation of the autonomic nervous system on intestine. *Frontiers in Physiology*, 12, 700129. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.700129>
8. Duranton, C., & Gaunet, F. (2018). Behavioral synchronization and affiliation: Dogs exhibit human-like skills. *Learning & Behavior*, 46(4), 364–373. <https://doi.org/10.3758/s13420-018-0323-4>
9. Duranton, C., Bedossa, T., & Gaunet, F. (2019). When walking in an outside area, shelter dogs (*Canis familiaris*) synchronize activity with their caregivers but do not remain as close to them as do pet dogs. *Journal of Comparative Psychology*, 133(3), 397–405. <https://doi.org/10.1037/COM0000171>
10. Egger, C. (2022). The autonomic nervous system. *Manual of Equine Anesthesia and Analgesia*, 110–118. <https://doi.org/10.1002/9781119631316.ch7>
11. Faust, O., Hong, W., Loh, H. W., Xu, S., Tan, R.-S., Chakraborty, S., ... Acharya, U. R. (2022). Heart rate variability for medical decision support systems: A review. *Computers in Biology and Medicine*, 145, 105407. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2022.105407>
12. Friedmann, E., & Thomas, S. A. (1995). Pet ownership, social support, and one-year survival after acute myocardial infarction in the Cardiac Arrhythmia Suppression Trial (CAST). *The American Journal of Cardiology*, 76(17), 1213–1217. [https://doi.org/10.1016/s0002-9149\(99\)80343-9](https://doi.org/10.1016/s0002-9149(99)80343-9)
13. Friedmann, E., Thomas, S. A., Stein, P. K., & Kleiger, R. E. (2003). Relation between pet ownership and heart rate variability in patients with healed myocardial infarcts. *American Journal of Cardiology*, 91(6), 718–721. [https://doi.org/10.1016/s0002-9149\(02\)03412-4](https://doi.org/10.1016/s0002-9149(02)03412-4)
14. Grosso, G., Vezzosi, T., Briganti, A., Di Franco, C., Tognetti, R., & Mortola, J. P. (2021). Breath-by-breath analysis of respiratory sinus arrhythmia in dogs. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 294. <https://doi.org/10.1016/J.RESP.2021.103776>
15. Hafez, O. A., & Chang, R. B. (2024). Regulation of cardiac function by the autonomic nervous system. *Physiology*, 1;40(3). <https://doi.org/10.1152/physiol.00018.2024>
16. Hanton, G., & Rabemampianina, Y. (2006). The electrocardiogram of the Beagle dog: reference values and effect of sex, genetic strain, body position and heart rate. *Laboratory Animals*, 40(2), 123–136. <https://doi.org/10.1258/002367706776319088>
17. Hernández-Domínguez, R. A., Herrera-Orozco, J. F., Salazar-Calderón, G. E., Chávez-Canales, M., Márquez, M. F., González-Álvarez, F., ... Aceves-Buendía, J. J. (2024). Optogenetic modulation of cardiac autonomic nervous system. *Autonomic Neuroscience*, 255, 103199. <https://doi.org/10.1016/J.AUTNEU.2024.103199>
18. Hirsch, J. A., & Bishop, B. (1981). Respiratory sinus arrhythmia in humans: how breathing pattern modulates heart rate. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 241(4), 620–629. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.1981.241.4.h620>

19. Holland, N., Robbins, T. W., & Rowe, J. B. (2021). The role of noradrenaline in cognition and cognitive disorders. *Brain*, 144(8), 2243–2256. <https://doi.org/10.1093/brain/awab111>
20. Huang, M., Shah, A. J., Lampert, R., Bliwise, D. L., Johnson, D. A., Clifford, G. D., ... Da Poian, G. (2024). Heart Rate Variability, Deceleration Capacity of Heart Rate, and Death: A Veteran Twins Study. *Journal of the American Heart Association*, 13(7), e032740. <https://doi.org/10.1161/jaha.123.032740>
21. Hyun, U., & Sohn, J.-W. (2022). Autonomic control of energy balance and glucose homeostasis. *Experimental & Molecular Medicine*, 54(4), 370–376. <https://doi.org/10.1038/s12276-021-00705-9>
22. Jänig, W. (2022). The integrative action of the autonomic nervous system: neurobiology of homeostasis. *Cambridge University Press*. ISBN 9781108478632. eBook ISBN 9781108804127
23. Jarkovska, D., Valesova, L., Chvojka, J., Benes, J., Danihel, V., Svirglerova, J., ... Stengl, M. (2017). Heart-rate variability depression in porcine peritonitis-induced sepsis without organ failure. *Experimental Biology and Medicine*, 242(9), 1005–1012. <https://doi.org/10.1177/1535370217700521>
24. Katayama, M., Kubo, T., Mogi, K., Ikeda, K., Nagasawa, M., & Kikusui, T. (2016). Heart rate variability predicts the emotional state in dogs. *Behavioural Processes*, 128, 108–112. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2016.04.015>
25. Katayama, M., Kubo, T., Yamakawa, T., Fujiwara, K., Nomoto, K., Ikeda, K., ... Kikusui, T. (2019). Emotional contagion from humans to dogs is facilitated by duration of ownership. *Frontiers in Psychology*, 10, 1678. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01678>
26. Kim, H. G., Cheon, E. J., Bai, D. S., Lee, Y. H., & Koo, B. H. (2018). Stress and Heart Rate Variability: A Meta-Analysis and Review of the Literature. *Psychiatry Investigation*, 15(3), 235–245. <https://doi.org/10.30773/PI.2017.08.17>
27. Koskela, A., Törnqvist, H., Somppi, S., Tiira, K., Kykryri, V.-L., Hänninen, L., ... Kujala, M. V. (2024). Behavioral and emotional co-modulation during dog–owner interaction measured by heart rate variability and activity. *Scientific Reports*, 14(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-76831-x>
28. Kreibitz, S. D. (2010). Autonomic nervous system activity in emotion: A review. *Biological Psychology*, 84(3), 394–421. <https://doi.org/10.1016/J.BIOPSYCHO.2010.03.010>
29. La Rovere, M. T., Gorini, A., & Schwartz, P. J. (2022). Stress, the autonomic nervous system, and sudden death. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, 237, 102921. <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2021.102921>
30. LeBouef, T., Yaker, Z., & Whited, L. (2025). Physiology, autonomic nervous system. *StatPearls Publishing. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing*; PMID: 30860751.
31. Malliani, A., Pagani, M., Lombardi, F., & Cerutti, S. (1991). Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. *Circulation*, 84(2), 482–492. <https://doi.org/10.1161/01.cir.84.2.482>
32. Manzo, A., Ootaki, Y., Ootaki, C., Kamohara, K., & Fukamachi, K. (2009). Comparative study of heart rate variability between healthy human subjects and healthy dogs, rabbits and calves. *Laboratory Animals*, 43(1), 41–45. <https://doi.org/10.1258/LA.2007.007085>
33. Maros, K., Dóka, A., & Miklósi, Á. (2008). Behavioural correlation of heart rate changes in family dogs. *Applied Animal Behaviour Science*, 109(2–4), 329–341. <https://doi.org/10.1016/J.APPLANIM.2007.03.005>
34. Matsushita, S., Nagasawa, M., & Kikusui, T. (2022). Autonomic nervous system responses of dogs to human-dog interaction videos. *Plos One*, 17(11), e0257788. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257788>
35. Mayo, O., Lavidor, M., & Gordon, I. (2021). Interpersonal autonomic nervous system synchrony and its association to relationship and performance – a systematic review and meta-analysis. *Physiology & Behavior*, 235, 113391. <https://doi.org/10.1016/J.PHYSBEH.2021.113391>
36. Mitchell, K. J., & Schwarzwald, C. C. (2021). Heart rate variability analysis in horses for the diagnosis of arrhythmias. *The Veterinary Journal*, 268, 105590. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2020.105590>
37. Mizeres, N. J. (1954). The anatomy of the autonomic nervous system in the dog. University of Michigan. *American Journal of Anatomy*, 96(2), 285–318. <http://dx.doi.org/10.1002/aja.1000960205>
38. Mortola, J. P., Marghescu, D., & Siegrist-Johnstone, R. (2018). Respiratory sinus arrhythmia in the immediate post-exercise period: correlation with breathing-specific heart rate. *European Journal of Applied Physiology*, 118(7), 1397–1406. <https://doi.org/10.1007/S00421-018-3871-6/METRICS>

39. Murayama, M., Nagasawa, M., Katayama, M., Ikeda, K., Kubo, T., Yamakawa, T., ... Kikusui, T. (2020). Trial of evaluation of emotions using heart rate variability in free moving dogs. *Japanese Journal of Animal Psychology*, 70(1), 15–18. <https://doi.org/10.2502/janip.70.1.1>
40. Oliveira, M. S., Muzzi, R. A. L., Araújo, R. B., Muzzi, L. A. L., Ferreira, D. F., & Silva, E. F. (2014). Heart rate variability and arrhythmias evaluated with Holter in dogs with degenerative mitral valve disease. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 66(2), 425–432. <https://doi.org/10.1590/1678-41626097>
41. Ortmeyer, H. K., & Katzel, L. I. (2020). Effects of Proximity between Companion Dogs and Their Caregivers on Heart Rate Variability Measures in Older Adults: A Pilot Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(8), 2674. <https://doi.org/10.3390/IJERPH17082674>
42. Pastarapatee, N., Kijitawornrat, A., & Buranakarl, C. (2017). Imbalance of autonomic nervous systems involved in ventricular arrhythmia after splenectomy in dogs. *Journal of Veterinary Medical Science*, 79(12), 2002–2010. <https://doi.org/10.1292/jvms.17-0482>
43. Peltola, M. A. (2012). Role of editing of R–R intervals in the analysis of heart rate variability. *Frontiers in Physiology*, 3, 148. <https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00148>
44. Piccione, G., Giudice, E., Giannetto, C., & Mortola, J. P. (2019). The magnitude of respiratory sinus arrhythmia of a large mammal (the horse) is like that of humans. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 259, 170–172. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2018.09.006>
45. Piccirillo, G., Magri, D., Ogawa, M., Song, J., Chong, V. J., Han, S., ... Chen, L. S. (2009). Autonomic nervous system activity measured directly and QT interval variability in normal and pacing-induced tachycardia heart failure dogs. *Journal of the American College of Cardiology*, 54(9), 840–850. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2009.06.008>
46. Porges, S. W. (1995). Cardiac vagal tone: A physiological index of stress. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 19(2), 225–233. [https://doi.org/10.1016/0149-7634\(94\)00066-A](https://doi.org/10.1016/0149-7634(94)00066-A)
47. Rasmussen, C. E., Vesterholm, S., Ludvigsen, T. P., Häggström, J., Pedersen, H. D., Moesgaard, S. G., & Olsen, L. H. (2011). Holter monitoring in clinically healthy Cavalier King Charles Spaniels, Wire-haired Dachshunds, and Cairn Terriers. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 25(3), 460–468. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2011.0707.x>
48. Rogers, B., Schaffarczyk, M., Clauß, M., Mourot, L., & Gronwald, T. (2022). The movesense medical sensor chest belt device as single channel ECG for RR interval detection and HRV analysis during resting state and incremental exercise: A cross-sectional validation study. *Sensors*, 22(5), 2032. <https://doi.org/10.3390/s22052032>
49. Shafford, H., Dodam, J., & Spier, A. (2005). The effect of anesthesia and surgery on heart rate variability in dogs. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 32(4), 7. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2995.2005.00232a.14.x>
50. Stein, P. K., Bosner, M. S., Kleiger, R. E., & Conger, B. M. (1994). Heart rate variability: a measure of cardiac autonomic tone. *American Heart Journal*, 127(5), 1376–1381. [https://doi.org/10.1016/0002-8703\(94\)90059-0](https://doi.org/10.1016/0002-8703(94)90059-0)
51. Sundman, A. S., Van Poucke, E., Svensson Holm, A. C., Faresjö, Å., Theodorsson, E., Jensen, P., & Roth, L. S. V. (2019). Long-term stress levels are synchronized in dogs and their owners. *Scientific Reports* 2019, 9:1, 9(1), 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43851-x>
52. Umetani, K., Singer, D. H., McCraty, R., & Atkinson, M. (1998). Twenty-Four Hour Time Domain Heart Rate Variability and Heart Rate: Relations to Age and Gender Over Nine Decades. *Journal of the American College of Cardiology*, 31(3), 593–601. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(97\)00554-8](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(97)00554-8)
53. Valensi, P. (2021). Autonomic nervous system activity changes in patients with hypertension and overweight: role and therapeutic implications. *Cardiovascular Diabetology*, 2021 20:1, 20(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/S12933-021-01356-W>
54. Varga, B., Gergely, A., Galambos, Á., & Kis, A. (2018). Heart rate and heart rate variability during sleep in family dogs (Canis familiaris). moderate effect of pre-sleep emotions. *Animals*, 8(7), 107. <https://doi.org/10.3390/ani8070107>
55. Von Borell, E., Langbein, J., Després, G., Hansen, S., Leterrier, C., Marchant, J., ... Prunier, A. (2007). Heart rate variability as a measure of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals—A review. *Physiology & Behavior*, 92(3), 293–316. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.01.007>

56. Wu, F., Zhao, Y., & Zhang, H. (2022). Ocular Autonomic Nervous System: An Update from Anatomy to Physiological Functions. *Vision*, 6. <https://doi.org/10.3390/vision6010006>
57. Wulsin, L. R., Horn, P. S., Perry, J. L., Massaro, J. M., & D'Agostino, R. B. (2015). Autonomic Imbalance as a Predictor of Metabolic Risks, Cardiovascular Disease, Diabetes, and Mortality. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 100(6), 2443–2448. <https://doi.org/10.1210/JC.2015-1748>
58. Zaffalon Júnior, J. R., Viana, A. O., de Melo, G. E. L., & De Angelis, K. (2018). The impact of sedentarism on heart rate variability (HRV) at rest and in response to mental stress in young women. *Physiological Reports*, 6(18), e13873. <https://doi.org/10.14814/PHY2.13873>
59. Zupan, M., Buskas, J., Altimiras, J., & Keeling, L. J. (2016a). Assessing positive emotional states in dogs using heart rate and heart rate variability. *Physiology & Behavior*, 155, 102–111. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.11.027>
60. Zupan, M., Buskas, J., Altimiras, J., & Keeling, L. J. (2016b). Assessing positive emotional states in dogs using heart rate and heartrate variability. *Physiology and Behavior*, 155, 102–111. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.11.027>
61. Рубленко, С. В., Яремчук, А. В., Ільніцький, М. Г., & Чорнозуб, М. П. (2021). Динаміка варіабельності серцевого ритму та стан ендогенної інтоксикації за різних схем анестезії у собак за вісцерального та соматичного типів больової реакції. *Науковий вісник ветеринарної медицини*, 2, 203–214. <https://doi.org/10.33245/2310-4902-2021-168-2-203-214>