

УДК 636.2.09:615.35:616.8

ВАРІАЦІЙНО-ПУЛЬСОМЕТРИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТОНУСУ АВТОНОМНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ У СВИНЕЙ

В. Б. ТОДОРЮК, докторант, <https://orcid.org/0000-0002-9902-0524>

В. І. КАРПОВСЬКИЙ, доктор ветеринарних наук, професор,
<https://orcid.org/0000-0003-3858-0111>

E-mail: karpovskiy@meta.ua

О. В. ЖУРЕНКО, доктор ветеринарних наук, доцент,
<https://orcid.org/0000-0002-4933-0372>

E-mail: Zhurenko-lena@ukr.net

Д. І. КРИВОРУЧКО, кандидат ветеринарних наук, доцент,
<https://orcid.org/0000-0003-1788-6090>

E-mail: kryvoruchko@nubip.edu.ua

В. В. ЖУРЕНКО, кандидат ветеринарних наук, старший викладач,
<https://orcid.org/0000-0003-2097-9212>

E-mail: VV.1972@ukr.net

С. В. КРАВЧУК, аспірантка, <https://orcid.org/0009-0008-0767-9032>
E-mail: Svitlanakrawchuk@ukr.net

П. С. ХИМИНЕЦЬ, аспірант, <https://orcid.org/0009-0000-6249-1026>
E-mail: Polsivet@gmail.com

Національний університет біоресурсів і природокористування України

[https://doi.org/10.31548/dopovidi6\(106\).2023.018](https://doi.org/10.31548/dopovidi6(106).2023.018)

Анотація. Дослідження та вивчення ролі автономної нервової системи у регулюванні діяльності серцево-судинної системи у тварин є актуальним, оскільки дозволить поглибити існуючі знання про вегетативну регуляцію фізіологічних функцій організму свиней. Метою роботи було вивчити показники варіабельності серцевого ритму залежно від тонусу автономної нервової системи у свиней. Експериментальні дослідження проводили на свинях. Було сформовано три групи тварин: нормотоніки, симпатотоніки та ваготоніки. На основі проведених досліджень встановлено, що тварини-нормотоніки мали середні значення показників, які досліджували порівняно з іншими дослідними групами. У тварин-симпатотоніків встановлено високу частоту серцевих скорочень $95 \pm 1,41$ ударів/хв ($p \leq 0,001$) та низкою інтенсивність інтервалу R-R $0,63 \pm 0,01$ с ($p \leq 0,001$). У ваготоніків дані показники були децю нижчими $54 \pm 1,24$ ударів/хв і вищим $1,12 \pm 0,03$ с ($p \leq 0,001$). Крім того, свині-симпатотоніки характеризувалися найбільшою величиною амплітуди моди розподілу $39,55 \pm 2,23$ % ($p \leq 0,001$). Децю нижчою була у нормотоніків $25,00 \pm 0,83$ % і найнижчою – у ваготоніків $11,90 \pm 0,54$ % ($p \leq 0,001$). Найбільшою різниця між максимальним і мінімальним значенням моди була у тварин-ваготоніків

Тодорюк В. Б., Карповський В. І., Журенко О. В., Криворучко Д. І., Журенко В. В., Кравчук С. В., Химинець П. С.

($0,25 \pm 0,01$ с, $p \leq 0,001$), децю нижча у нормотоніків ($0,13 \pm 0,01$ с) і найнижча – у симпатотоніків ($0,07 \pm 0,01$ с, $p \leq 0,05$). У тварин-ваготоніків, навпаки було встановлено меншу частоту серцевих скорочень ($p \leq 0,001$), більший інтервалу R-R ($p \leq 0,001$), меншу амплітуду моди ($p \leq 0,001$), менший індекс напруги, автономний показник ритму, індексом автономної рівноваги ($p \leq 0,001$), більшу різницю між максимальним і мінімальним значенням моди (Δx).

Таким чином при врахуванні отриманих результатів, свині, залежно від впливу тонуру автономної нервової системи, мають відмінності у діяльності серцево-судинної системи.

Ключові слова: нормотоніки, симпатотоніки, ваготоніки, свині, автономна нервова система

Актуальність проблеми.

Свинарство сьогодення є важливою галуззю, що забезпечує ринки тваринної продукції білковою їжею. Підчас аналізу даного виробництва можна побачити багато варіацій організації даної системи по вирощуванню свиней. В більшості спільні ознаки прослідковуються [1, 5]. Свинарні комплекси характеризуються тим, що сама ферма поділена на секції умовно: відділ де запліднюються і утримуються свиноматки, родилка, дорощування, відгодівля та інші приміщення залежно від технології відгодівлі залежні від періоду росту свиней [14]. Головна ціль даного виробництва, це максимальний приріст живої маси за більш короткий термін. Переважно термін за який свиня може максимально набрати вагу із зменшим вмістом жиру коливається в межах 6 місяців [16]. Слід зазначити, що цей процес циклічний і секції на фермі постійно заповнюються тваринами з різним етапом відгодівлі, не забуваючи про збереження

мікроклімату приміщенні з дотриманням технології пуско-зайнято. Також з розвитком індустріалізації, ферми оснащені системами корегування кліматичної сталості приміщенні. Оскільки будь які негативні зміни в показниках температури, вмісту кисню, аміаку та інше вплинуть на продуктивність всього поголів'я [11, 20, 22].

Зі стрімким покращення умов життя свиней та автоматизації виробництва постає питання, як перевірити їх ефективність та вплив на організм тварини. Вченими розроблено багато напрямків у вирішенні даної проблеми. Головна проблема, що по стає на шляху кожного виробництва, це запобігання розвитку стресу або полегшення його перебігу [19, 21]. Причинами розвитку стресової ситуації для свиней на підприємстві є сам технологічний процес [13]. Кожен етап їхнього життя складається у перемішені та перегрупованні як мінімум 4 рази у їх житті. Наприклад перший масштабний стрес який вони

Тодорюк В. Б., Карповський В. І., Журенко О. В., Криворучко Д. І., Журенко В. В., Кравчук С. В., Химинець П. С.

відчувають є відлучення їх від свиноматки та перегін у іншу секцію для дорощування. Це викликає значні впливи на організм свині, що може сказатися на процесах гомеостазу [3, 4, 7].

Гомеостаз у організмі тварини та людини корелюється нейро-гуморальною системою, що збалансовує його використовуючи багато відділів, які їй підпорядковуються. Автономна нервова система займає одну із ключових ролей у вирішенні даних питання [15, 18]. Наприклад коли свиню перемішують із секції дорощування на відгодівлю, у тварини виникає стрес на фоні створення даного фактору впливу. Відбувається активація симпатичної нервової системи, що спричиняє розщеплення резервів поживних речовин та підвищення активності серцево-судинної системи для найшвидшого поширення їх по організму. При завершенні стресового перегрупування свиней і привикання тварини до нового місця перебування активується парасимпатична нервова система, яка забезпечує процеси синтезу, травлення та пригнічення надмірної активності симпатичної нервової системи [2, 6]. Слід зазначити, що відділи автономної нервової системи постійно взаємодіють з організмі та один з одним. Кожна свиня це не одна і та сама, вони різні і відповідно до цього мають різний індивідуальні

особливості. Враховуючи це активність симпатичної і парасимпатичної нервової системи буде різною, що буде відображатися у симпато-вагусному балансі. Дані особливості будуть характеризуватися у вигляді тону автономної нервової системи. Внаслідок цього тварин можна буде розподілити на три групи: симпатотоніки, ваготоніки та нормотоніки. Залежно від цього свині по різному будуть реагувати на перемирінні у їх житті, що матиме відображення у їх гомеостазі і як наслідок у наборі маси [8, 17].

Для визначення і аналізу тону автономної нервової системи часто застосовують варіаційно-пульсометричне дослідження, що є неінвазійним і ефективним методом у аналізі показників активності симпатичної і парасимпатичної нервової системи. На підставі результатів даного дослідження, можна розподілити тварин відповідно до симпато-вагусного балансу, що дає можливість кращого розуміння протікання обмінних процесів та прогнозування реакції організму свині на вплив стресового фактору [10,].

Актуальність даного питання, пояснюється у необхідності аналізу симпато-вагусного балансу за допомогою варіаційно-пульсометричного дослідження для з'ясування, ролі тону автономної нервової системи у гомеостазі свиней.

Тодорюк В. Б., Карповський В. І., Журенко О. В., Криворучко Д. І., Журенко В. В., Кравчук С. В., Химинець П. С.

Це дає можливість кращого розуміння благополуччя тварини на підприємстві та перебігу процесів синтезу та розщеплення поживних речовин [12].

Метою дослідження було вивчити показники варіабельності серцевого ритму залежно від тонуру автономної нервової системи у свиней.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводилися на свиноматках різного віку. Для варіаційно-пульсометричного дослідження було відібрано 21 клінічно здорових свиней. Дослідні групи тварин формували відповідно за результатами електрокардіографічного дослідження за методикою Баєвського. Електрокардіографічне дослідження проводили за допомогою одноканального електрокардіографа Heart Mirror ІКО Угорщина Innomed. Для розміщення електродів використовували електричні затискачі типу крокодил, які розташовували за системою трьох відведень. Швидкість протяжки стрічки під час запису кардіосигналів становила 50 мм/с. Обрахунок отриманих результатів кардіологічного дослідження проводився вручну. За варіаційно-пульсометричним дослідження було визначено основні показники, такі як: мода (Мо) – інтервал, який найчастіше зустрічається на проміжку R-R серцевого скорочення;

амплітуда моди (АМо) – відсоткове значення моди, що формує моду, тобто відсоткове значення найбільш частого значення; варіаційний розмах (Δx) – різниця між максимальним і мінімальним значенням моди; індекс напруги (ІН) – показник, який відображає стан напруги організму, тобто відображає індекс стресу, що характеризує тонус автономної нервової системи, індекс автономної рівноваги (ІАР) – показник, який відображає вплив симпатичної і парасимпатичної нервової системи на організм, визначається різницею між амплітудою моди та варіаційним розмахом; автономний показник ритму (АПР) – показник, що відображає вплив симпатичної нервової системи на організм. За отриманими результатами було сформовано три дослідні групи свиней: нормотоніки – тварини з симпато-вагальним балансом, симпатотоніки – тварини з домінуванням симпатичної нервової системи, ваготоніки – тварини з домінуванням парасимпатичної нервової системи.

Статистичну обробку експериментальних даних проводили загальноприйнятими методами варіаційної статистики. Вірогідність різниці показників оцінювали за t-критерієм Ст'юдента. Відмінності між показниками, що порівнювались, вважали вірогідними за рівня значимості $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$.

Результати досліджень. За результатами варіаційно-пульсометричного дослідження сформовано три дослідні групи тварин: нормотоніки, ваготоніки,

симпатотоніки. Дані групи мають відмінності у показника активності серцево-судинної системи, що відображено у табл. 1.

1. Показники варіабельності серцевого ритму залежно від тону автономної нервової системи у свиней

Показники	Нормотоніки	Симпатотоніки	Ваготоніки
Пулс, ударів/хв	69±2,70	95±1,41***	54±1,24***
Мо, с	0,88±0,04	0,63±0,01***	1,12±0,03***
АМо, %	25,00±0,83	39,55±2,23***	11,90±0,54***
Δх, с	0,14±0,01	0,06±0,01*	0,27±0,01***
ІН	133±8,11	489±34,81***	21,15±0,87***
ІАР	197±8,96	613±37,71***	47,28±1,74***
АПР	9,11±0,77	25,08±2,31***	3,59±0,22**

Примітка: *P<0,05, **P<0,01, ***P<0,001 – відносно даних групи нормотоніків.

Щодо показників моди, то у симпатотоніків вони були найнижчими ($p \leq 0,001$). Варто зазначити, що у тварин даної дослідної групи мода $0,63 \pm 0,01$ с найменша порівняно з іншими групами внаслідок дії симпатичної нервової системи. Адже відомо, що за впливу будь якого екзогенного чинника на організм свиней, з боку автономної нервової системи переважає явище симпатотонії. У результаті чого серцево-судинна система збільшує свою збудливість, що призводить до зростання частоти серцевих скорочень і, відповідно, показників пульсу. Варто зазначити, що показники моди $1,12 \pm 0,03$ ($p \leq 0,001$) у ваготоніків найбільші в порівнянні з іншими дослідними групами.

Амплітуда моди у симпатотоніків $39,55 \pm 2,23$ має найвищий показник ($P < 0,001$) по відношенню до інших дослідних груп, це свідчить про активність симпатичної нервової системи. Найменші значення АМо відмічаються у ваготоніків $11,90 \pm 0,54$ ($P < 0,001$), що характеризує активність парасимпатичної нервової системи.

Варіаційний розмах у ваготоніків має найбільші показники $0,27 \pm 0,01$, а симпатотоніки найменшими $0,06 \pm 0,01$, що відображає стан симпато-вагусного балансу ($P < 0,05$; $P < 0,001$). За рахунок активності симпатичної нервової системи, зростає частота серцевих скорочень, що сприяє зростанню сталості інтервалу між серцевими скороченнями, про це свідчить зменшення Δх.

Індекс напруги за результатами варіаційно-пульсометричного дослідження має високі показники у симпатотоніків $489 \pm 34,81$ та низькі у ваготоніків $21,15 \pm 0,87$ ($P < 0,001$). Даний показник описує стан тварин у стресі, враховуючи фактор того, що підчас впливу стресового фактору у свиней активується симпатична нервова система, ІН буде зростати.

Індекс автономної рівноваги описує співвідношення впливу симпатичної нервової системи і парасимпатичної нервової системи. Підвищення значень даного показника характеризується зростанням симпатотонії, а зниження ваготонією. Симпатотоніків мають найбільший ІАР $613 \pm 37,71$, а ваготоніки найменший $47,28 \pm 1,74$ ($P < 0,001$).

Автономний показник ритму відображає активність симпатичної нервової системи в організмі тварини. Чим більше значення ти сильніший вплив симпатотонії. Дослідна група ваготоніки мають найменший показники АПР $3,59 \pm 0,22$, а симпатотоніки найбільші $25,08 \pm 2,31$ ($P < 0,01$; $P < 0,001$).

Аналізуючи результати отриманні за допомогою варіаційно-пульсометричного дослідження було встановлено тонус автономної нервової системи. Свині симпатотоніки характеризуються активністю симпатичної нервової системи. Про це свідчить мода, яка

має найменші показники в наслідок збільшеної частоти серцевих скорочень, що зменшує час тривалості інтервалу R–R. Зв'язку з чим збільшується відсоток амплітуди моди. Варіаційний розмах відповідає низьким показникам в наслідок зменшення інтервалу між найменшим і найбільшим значення моди.

Свині ваготоніки характеризуються активністю парасимпатичної нервової системи. Встановлено, що у даної дослідної групи високі показники моди та варіаційного розмаху та низькі показники амплітуди моди. Для додаткового підтвердження тону автономної нервової системи було визначено індекс напруги, автономний показник ритму та індекс автономної рівноваги. ІН, АПР, ІАР надають точну інформацію про симпато-вагусний баланс, зростання даних показників свідчить про перевагу симпатичної нервової системи, а зменшення відображає вплив парасимпатичної нервової системи.

Висновки

Тонус автономної нервової системи у свиней має вплив на серцево-судинну систему. На це вказують результати визначення варіабельності серцевого ритму у дослідних тварин. Встановлено, що тварини з симпатотонією мали високу частоту серцевих скорочень $95 \pm 1,41$ ($p \leq 0,001$), меншим інтервалу R-R

Тодорюк В. Б., Карповський В. І., Журенко О. В., Криворучко Д. І., Журенко В. В., Кравчук С. В., Химинець П. С.

$0,63 \pm 0,01$ с ($p \leq 0,001$), більшу амплітуду моди $39,55 \pm 2,23\%$ ($p \leq 0,001$), меншу різницю між максимальним і мінімальним значенням моди (Δx) $0,07 \pm 0,01$ ($p \leq 0,05$) та високим індекс напруги, автономний показник ритму, індексом автономної рівноваги ($p \leq 0,001$).

Список використаних джерел

1. Acharya, R. Y., Hemsworth, P. H., Coleman, G. J., & Kinder, J. E. (2022). The animal-human interface in farm animal production: Animal fear, stress, reproduction and welfare. *Animals*, 12(4), 487. DOI: 10.3390/ani12040487
2. Cerón, J. J., Contreras-Aguilar, M. D., Escribano, D., Martínez-Miró, S., López-Martínez, M. J., Ortín-Bustillo, A., ... & Tecles, F. (2022). Basics for the potential use of saliva to evaluate stress, inflammation, immune system, and redox homeostasis in pigs. *BMC Veterinary Research*, 18(1), 81. DOI: 10.1186/s12917-022-03176-w
3. Collins, L. M., & Smith, L. M. (2022). Smart agri-systems for the pig industry. *animal*, 16, 100518. DOI: 10.1016/j.animal.2022.100518
4. EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW), Nielsen, S. S., Alvarez, J., Bicout, D. J., Calistri, P., Canali, E., ... & Herskin, M. (2022). Welfare of pigs during transport. *EFSA Journal*, 20(9), e07445. DOI: 10.2903/j.efsa.2022.7445
5. Grela, E. R., Kowalczyk-Vasilev, E., Świątkiewicz, M., & Skiba, G. (2023). Barley, Triticale, or Rye? The Type of Grain Can Affect the Growth Performance and Meat Quality of Sustainable Raised Pigs. *Animals*, 13(8), 1331. DOI: 10.3390/ani13081331
6. Guevara, R. D., Pastor, J. J., Manteca, X., Tedo, G., & Llonch, P. (2022). Systematic review of animal-based indicators to measure thermal, social, and immune-related stress in pigs. *PloS one*, 17(5), e0266524. DOI: 10.1371/journal.pone.0266524
7. Huong, L. T. T., Takahashi, Y., Duy, I. V., Chung, D. K., & Yabe, M. (2023). Development of Livestock Farming System and Technical Efficiency: A Case Study on Pig Production in Vietnam. DOI: 10.5109/6770291
8. Hyun, U., & Sohn, J. W. (2022). Autonomic control of energy balance and glucose homeostasis. *Experimental & Molecular Medicine*, 54(4), 370-376. DOI: 10.1038/s12276-021-00705-9
9. Jänig, W. (2022). The integrative action of the autonomic nervous system: neurobiology of homeostasis. Cambridge University Press.
10. Kim, D., Kim, N., Lee, Y., Kim, S., & Kwon, J. (2023). Sound stimulation using the individual's heart rate to improve the stability and homeostasis of the autonomic nervous system. *Physiological Reports*, 11(18), e15816. DOI: 10.3390/agriculture12081139
11. Kim, J. G., Lee, I. B., Lee, S. Y., Park, S. J., Jeong, D. Y., Choi, Y. B., ... & Yeo, U. H. (2022). Development of an air-recirculated ventilation system for a piglet house, Part 1: Analysis of representative problems through field experiment and aerodynamic analysis using CFD simulation for evaluating applicability of system. *Agriculture*, 12(8), 1139. DOI: 10.14814/phy2.15816
12. LeBouef, T., Yaker, Z., & Whited, L. (2022). Physiology, autonomic nervous system. In *StatPearls* [Internet]. StatPearls Publishing.
13. Liu, F., Zhao, W., Le, H. H., Cottrell, J. J., Green, M. P., Leury, B. J., ... & Bell, A. W. (2022). What have we learned about the effects of heat stress on the pig industry?. *animal*, 16, 100349. DOI: 10.1016/j.animal.2021.100349
14. Mahfuz, S., Mun, H. S., Dilawar, M. A., & Yang, C. J. (2022). Applications of smart technology as a sustainable strategy in modern swine farming. *Sustainability*, 14(5), 2607. DOI: 10.3390/su14052607
15. Pelot, N. A., Vaseghi, M., Reznikov, L., Osborne, P. B., & Conde, S. V. (2023). Multiscale anatomy and biophysics of the autonomic nervous system: implications for neuromodulation. *Frontiers in Neuroscience*, 17, 1289177. DOI: 10.3389/fnins.2023.1289177
16. Soloviev, D. A., Bakirov, S. M., Strelnikov, V. A., Logacheva, O. V., & Kolganov, D. A. (2022, April). Development of a neural network

Тодорюк В. Б., Карповський В. І., Журенко О. В., Криворучко Д. І., Журенко В. В., Кравчук С. В., Химинець П. С.

architecture for controlling a technological feeding line in a pigsty. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1010, No. 1, p. 012161). IOP Publishing. DOI 10.1088/1755-1315/1010/1/012161

17. Stukelj, M., Hajdinjak, M., & Pusnik, I. (2022). Stress-free measurement of body temperature of pigs by using thermal imaging—Useful fact or wishful thinking. *Computers and Electronics in Agriculture*, 193, 106656. DOI: 10.1016/j.compag.2021.106656

18. Surai, P. F., & Earle-Payne, K. (2022). Antioxidant defences and redox homeostasis in animals. *Antioxidants*, 11(5), 1012. DOI: 10.3390/antiox11051012

19. Van Milgen, J., Eugenio, F. A., & Le Floc'H, N. (2022). A model to analyse the postprandial nutrient concentration in the plasma of pigs. *Animal-Open Space*, 1(1), 100007. DOI: 10.1016/j.anopes.2022.100007

20. Zeng, J., Shen, X., Yin, H., Sun, X., Dong, H., & Huang, G. (2022). Oxygen dynamics, organic matter degradation and main gas emissions during pig manure composting: Effect of intermittent aeration. *Bioresource Technology*, 361, 127697. DOI: 10.1016/j.biortech.2022.127697

21. Zhang, J., Yan, E., Zhang, L., Wang, T., & Wang, C. (2022). Curcumin reduces oxidative stress and fat deposition in longissimus dorsi muscle of intrauterine growth-retarded finishing pigs. *Animal Science Journal*, 93(1), e13741. DOI: 10.1111/asj.13741

22. Zhou, K., Wang, H., Wu, J., & Li, J. (2023). Effect of digital economy on large-scale pig farming: An empirical study from China. *Cogent Food & Agriculture*, 9(1), 2238985. DOI: 10.1080/23311932.2023.2238985

Reference

1. Acharya, R. Y., Hemsworth, P. H., Coleman, G. J., & Kinder, J. E. (2022). The animal-human interface in farm animal production: Animal fear, stress, reproduction and welfare. *Animals*, 12(4), 487. DOI: 10.3390/ani12040487

2. Cerón, J. J., Contreras-Aguilar, M. D., Escribano, D., Martínez-Miró, S., López-Martínez, M. J., Ortín-Bustillo, A., ... & Tecles, F. (2022). Basics for the potential use of saliva to evaluate stress, inflammation, immune system, and redox homeostasis in pigs. *BMC Veterinary Research*, 18(1), 81. DOI: 10.1186/s12917-022-03176-w

3. Collins, L. M., & Smith, L. M. (2022). Smart agri-systems for the pig industry.

animal, 16, 100518. DOI: 10.1016/j.animal.2022.100518

4. EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW), Nielsen, S. S., Alvarez, J., Bicot, D. J., Calistri, P., Canali, E., ... & Herskin, M. (2022). Welfare of pigs during transport. *EFSA Journal*, 20(9), e07445. DOI: 10.2903/j.efsa.2022.7445

5. Grela, E. R., Kowalczyk-Vasilev, E., Świątkiewicz, M., & Skiba, G. (2023). Barley, Triticale, or Rye? The Type of Grain Can Affect the Growth Performance and Meat Quality of Sustainable Raised Pigs. *Animals*, 13(8), 1331. DOI: 10.3390/ani13081331

6. Guevara, R. D., Pastor, J. J., Manteca, X., Tedo, G., & Llonch, P. (2022). Systematic review of animal-based indicators to measure thermal, social, and immune-related stress in pigs. *PloS one*, 17(5), e0266524. DOI: 10.1371/journal.pone.0266524

7. Huong, L. T. T., Takahashi, Y., Duy, I. V., Chung, D. K., & Yabe, M. (2023). Development of Livestock Farming System and Technical Efficiency: A Case Study on Pig Production in Vietnam. DOI: 10.5109/6770291

8. Hyun, U., & Sohn, J. W. (2022). Autonomic control of energy balance and glucose homeostasis. *Experimental & Molecular Medicine*, 54(4), 370-376. DOI: 10.1038/s12276-021-00705-9

9. Jänig, W. (2022). The integrative action of the autonomic nervous system: neurobiology of homeostasis. Cambridge University Press.

10. Kim, D., Kim, N., Lee, Y., Kim, S., & Kwon, J. (2023). Sound stimulation using the individual's heart rate to improve the stability and homeostasis of the autonomic nervous system. *Physiological Reports*, 11(18), e15816. DOI: 10.3390/agriculture12081139

11. Kim, J. G., Lee, I. B., Lee, S. Y., Park, S. J., Jeong, D. Y., Choi, Y. B., ... & Yeo, U. H. (2022). Development of an air-recirculated ventilation system for a piglet house, Part 1: Analysis of representative problems through field experiment and aerodynamic analysis using CFD simulation for evaluating applicability of system. *Agriculture*, 12(8), 1139. DOI: 10.14814/phy2.15816

Тодорюк В. Б., Карповський В. І., Журенко О. В., Криворучко Д. І., Журенко В. В., Кравчук С. В., Химинєць П. С.

12. LeBouef, T., Yaker, Z., & Whited, L. (2022). Physiology, autonomic nervous system. In StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing.
13. Liu, F., Zhao, W., Le, H. H., Cottrell, J. J., Green, M. P., Leury, B. J., ... & Bell, A. W. (2022). What have we learned about the effects of heat stress on the pig industry?. *animal*, 16, 100349. DOI: 10.1016/j.animal.2021.100349
14. Mahfuz, S., Mun, H. S., Dilawar, M. A., & Yang, C. J. (2022). Applications of smart technology as a sustainable strategy in modern swine farming. *Sustainability*, 14(5), 2607. DOI: 10.3390/su14052607
15. Pelot, N. A., Vaseghi, M., Reznikov, L., Osborne, P. B., & Conde, S. V. (2023). Multiscale anatomy and biophysics of the autonomic nervous system: implications for neuromodulation. *Frontiers in Neuroscience*, 17, 1289177. DOI: 10.3389/fnins.2023.1289177
16. Soloviev, D. A., Bakirov, S. M., Strelnikov, V. A., Logacheva, O. V., & Kolganov, D. A. (2022, April). Development of a neural network architecture for controlling a technological feeding line in a pigsty. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1010, No. 1, p. 012161). IOP Publishing. DOI 10.1088/1755-1315/1010/1/012161
17. Stukelj, M., Hajdinjak, M., & Pusnik, I. (2022). Stress-free measurement of body temperature of pigs by using thermal imaging—Useful fact or wishful thinking. *Computers and Electronics in Agriculture*, 193, 106656. DOI: 10.1016/j.compag.2021.106656
18. Surai, P. F., & Earle-Payne, K. (2022). Antioxidant defences and redox homeostasis in animals. *Antioxidants*, 11(5), 1012. DOI: 10.3390/antiox11051012
19. Van Milgen, J., Eugenio, F. A., & Le Floch, N. (2022). A model to analyse the postprandial nutrient concentration in the plasma of pigs. *Animal-Open Space*, 1(1), 100007. DOI: 10.1016/j.anopes.2022.100007
20. Zeng, J., Shen, X., Yin, H., Sun, X., Dong, H., & Huang, G. (2022). Oxygen dynamics, organic matter degradation and main gas emissions during pig manure composting: Effect of intermittent aeration. *Bioresource Technology*, 361, 127697. DOI: 10.1016/j.biortech.2022.127697
21. Zhang, J., Yan, E., Zhang, L., Wang, T., & Wang, C. (2022). Curcumin reduces oxidative stress and fat deposition in longissimus dorsi muscle of intrauterine growth retarded finishing pigs. *Animal Science Journal*, 93(1), e13741. DOI: 10.1111/asj.13741
22. Zhou, K., Wang, H., Wu, J., & Li, J. (2023). Effect of digital economy on large-scale pig farming: An empirical study from China. *Cogent Food & Agriculture*, 9(1), 2238985. DOI: 10.1080/23311932.2023.2238985

VARIATION-PULSOMETRIC STUDY OF THE TONE OF THE AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM IN PIGS

V. Todoryuk, V. Karpovskiy, O. Zhurenko, D. Kryvoruchko, V. Zhurenko, S. Kravchuk, P. Khymynets

Abstract. *Research and study of the role of the autonomic nervous system in regulating the activity of the cardiovascular system in animals is relevant, as it will allow to deepen the existing knowledge about the vegetative regulation of the physiological functions of the pig body. The aim of the work was to study indicators of heart rate variability depending on the tone of the autonomic nervous system in pigs. Experimental studies were conducted on pigs. Three groups of animals were formed: normotonics, sympathotonics and vagotonics. On the basis of the conducted research, it was established that the normotonic animals had average values of the indicators that were studied in comparison with other experimental groups. In sympathotonic animals, a high heart rate of 95 ± 1.41 beats/min ($p \leq 0.001$) and a low R-R interval intensity of 0.63 ± 0.01 s ($p \leq 0.001$) were established. In vagotonics, these indicators*

Тодорюк В. Б., Карповський В. І., Журенко О. В., Криворучко Д. І., Журенко В. В., Кравчук С. В., Химинець П. С.

were slightly lower at 54 ± 1.24 beats/min and higher at 1.12 ± 0.03 s ($p \leq 0.001$). In addition, sympathotonic pigs were characterized by the largest amplitude of the distribution mode of $39.55 \pm 2.23\%$ ($p \leq 0.001$). It was somewhat lower in normotonics $25.00 \pm 0.83\%$ and the lowest in vagotonics $11.90 \pm 0.54\%$ ($p \leq 0.001$). The greatest difference between the maximum and minimum value of the mode was in vagotonic animals (0.25 ± 0.01 s, $p \leq 0.001$), slightly lower in normotonic animals (0.13 ± 0.01 s) and the lowest in sympathotonic animals (0.07 ± 0.01 s, $p \leq 0.05$). In vagotonic animals, on the contrary, a lower heart rate ($p \leq 0.001$), a longer R-R interval ($p \leq 0.001$), a smaller amplitude of the mode ($p \leq 0.001$), a lower stress index, an autonomous rhythm index, an autonomous balance index ($p \leq 0.001$), a greater difference between the maximum and minimum value of the mode (Δx).

Thus, taking into account the obtained results, pigs, depending on the influence of the tone of the autonomic nervous system, have differences in the activity of the cardiovascular system.

Key words: normotonics, sympathotonics, vagotonics, pigs, autonomic nervous system