

## АКТИВАЦІЯ ВАГУСА ЯК ЗАСІБ КОРЕКЦІЇ АРИТМІЙ НЕЙРОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ

### VAGUS ACTIVATION AS A MEANS OF CORRECTION OF NEUROGENIC-BORNE ARRHYTHMIAS

Страколист Г. М., Богдановська Н. В., Бессарабова О. В.  
*Запорізький національний університет, м. Запоріжжя, Україна*  
 ORCID: 0000-0003-2980-7417  
 ORCID: 0000-0002-2410-845X  
 ORCID: 0000-0002-9193-4241

Strakolist H. M., Bogdanovska N. V., Bessarabova O. V.  
*Zaporizhzhia National University, Zaporizhzhia, Ukraine*

DOI <https://doi.org/10.32782/2522-1795.2024.18.6>

#### Анотація

У статті розглянуто можливість застосування прийому діафрагмального дихання «вакуум» для профілактики та корекції аритмій нейрогенного походження. Зазначено, що під впливом хронічного стресу неодмінно підвищується тонус симпатичної нервової системи, що негативно впливає на регуляцію серцево-судинної системи та призводить до порушень ритму. Керуючи диханням, можна опосередковано впливати на тонус симпатичного та парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи. Безпосередній вплив на частоту серцевого ритму зумовлює зміна тону блукаючого нерва. У стінках стравоходу, шлунка та кишечника знаходяться численні волокна блукаючого нерва, які у разі виконання вправи «вакуум» активно стимулюються. Це викликає сильний та швидкий парасимпатичний ефект. **Мета** дослідження – корекція аритмій нейрогенного походження за допомогою прийому діафрагмального дихання «вакуум» та надання рекомендацій щодо попередження розвитку зазначених аритмій. **Матеріал і методи дослідження:** аналіз науково-методичної літератури та інформаційних джерел за темою дослідження; інструментальні методи дослідження; аналіз часових та спектральних показників варіабельності серцевого ритму досліджуваних (n=19); методи математичної статистики. **Результати.** Показано значення дихання у опосередкованому впливі на зрушення співвідношення симпато-парасимпатичних впливів регуляції серцево-судинної системи та ритму серця. Проаналізована динаміка досліджуваних показників: частоти серцевих скорочень, показників частотної сфери (Гц) – VLF, LF, HF, TP, що відображають активність нейрогуморальних впливів на серцевий ритм; значень максимальної амплітуди спектральних піків (мс<sup>2</sup>/Гц) – VLF, LF, HF та індекс вагосимпатичної взаємодії LF/HF; RRNN – середня тривалість RR інтервалів; SDNN – стандартне відхилення величин нормальних інтервалів RR. **Висновки.** Аналіз отриманих експериментальних даних дозволяє рекомендувати застосування прийому діафрагмального дихання «вакуум» для профілактики та корекції аритмій нейрогенного походження. В рамках нейромодуляції активація вагуса може бути використана в лікуванні таких захворювань, як депресія, ожиріння, захворювання шлунково-кишкового тракту, хвороби легень, які можуть ускладнювати перебіг кардіологічної патології, також у разі стресу. Вважаємо, що активація вагуса може використовуватися в комплексному лікуванні у поєднанні з традиційними підходами медикаментозної терапії.

**Ключові слова:** аритмії, стрес, діафрагмальне дихання, вагус.

The article considers the possibility of using technique of diaphragmatic breathing “vacuum” for the prophylaxis and correction of neurogenic-borne arrhythmias. It is noted that under the influence of chronic stress, the tone of the sympathetic nervous system inevitably increases, what negatively affects the regulation of the cardiovascular system and leads to rhythm disturbances. By controlling breathing, it is possible to indirectly influence the tone of the sympathetic and parasympathetic divisions of the autonomic nervous system. The direct effect on heart rate is caused by a change in the vagal tone. In the walls of the esophagus, stomach

and bowels there are numerous fibers of the vagal nerve, which are actively stimulated during the “vacuum” exercise. This causes a strong and rapid parasympathetic effect. **The purpose** of the research is correction of neurogenic-borne arrhythmias using technique of diaphragmatic “vacuum” breathing and providing recommendations for preventing the progress of these arrhythmias. **Research material and methods:** analysis of methodological literature and information sources by the research topic; instrumental research methods; analysis of temporal and spectral indicators of heart rate variability of investigated people (n=19); methods of mathematical statistics. **The results.** The importance of breathing in the mediated effect on the shift in the ratio of sympatho-parasympathetic influences on the regulation of the cardiovascular system and heart rhythm is shown. The dynamics of the following investigated indicators were analyzed: heart rate, frequency domain indicators (Hz) – VLF, LF, HF, TR, which reflect the activity of neurohumoral influences on the heart rhythm; values of the maximum amplitude of spectral peaks ( $\text{ms}^2/\text{Hz}$ ) – VLF, LF, HF and the index of vago-sympathetic interaction LF/HF; RRNN – average duration of RR intervals; SDNN is the standard deviation of the values of normal RR intervals. **Conclusions.** The analysis of the obtained experimental data allows to recommend the use technique of “vacuum” diaphragmatic breathing for the prevention and correction of neurogenic-borne arrhythmias. As part of neuromodulation vagus activation can be used in the treatment of such diseases as depression, obesity, diseases of the gastrointestinal tract, lung diseases, which can complicate the course of cardiac pathology, as well as stress. We consider that vagus activation can be used in complex treatment, in combination with traditional drug therapy approaches.

**Key words:** arrhythmias, stress, diaphragmatic breathing, vagus.

**Вступ.** У зв’язку з війною в Україні значно зріс вплив стресу на здоров’я українців. Під впливом хронічного стресу неодмінно підвищується тонуc симпатичної нервової системи, що негативно впливає на регуляцію серцево-судинної системи, а саме призводить до порушень ритму [15].

Найбільше страждають від стресу молоді люди, які швидко та у великому обсязі сприймають інформацію про негативні події, що чинить суттєвий вплив вегетативної нервової системи на роботу серцево-судинної системи. Найчастіше це призводить до появи скарг на прискорене серцебиття, почуття перебоїв у роботі серця. Часто цей стан провокується розвитком нападів панічних атак [1].

Неспроможність контролювати свій організм призводить до появи страху, який ще більше підсилює тонуc симпатичної нервової системи через виділення адреналіну. Порочне коло замикається і розірвати його може тільки вплив на вегетативну нервову систему [2].

Вищезазначене підтверджується у роботах низки дослідників. Y. Zhang у своїх дослідженнях довів, що стимуляція вагуса – це вплив на нейронні ланцюги внутрішніх та зовнішніх серцевих сплетень, що посилює парасимпатичний вплив [9]. E. Patterson доведено, що зростання симпатовагальної активності призводить до надшлуночкових аритмій. Так, діастолічне збільшення внутрішньоклітинного кальцію провокує ранню постдеполяризацію

та порушення типу повторного входу і призводить до укорочення потенціалу дії [10].

За даними G. Suna, у кардіологічних хворих з підвищенням ризику смертності асоційовано не тільки підвищення симпатичної нервової активності, а й зниження парасимпатичної активності [4].

F. Prinzen наводить дані досліджень, що у пацієнтів з дисфункцією лівого шлуночка вже на ранній стадії захворювання відзначаються зміни парасимпатичного контролю серцевого ритму [11].

Результати наведених вище досліджень показали, що зміна парасимпатичної та симпатичної активності в автономній нервовій системі впливає на індукцію передсердних тахіаритмій та може бути методом їх лікування [14].

Отже, щоб повернути баланс вегетативної регуляції у норму у разі аритмій нейрогенного походження, потрібно підвищити тонуc парасимпатичного відділу.

У медикаментозному арсеналі кардіологічних втручань немає засобів, що цілеспрямовано активують парасимпатичну нервову активність. Широко застосовуються методи радіочастотної абляції та електричної активації парасимпатичного тонуcу [6; 7].

Зазначені методи мають низку побічних явищ та ускладнень. Наприклад, дискомфорт у місці стимуляції, болючі відчуття, порушення дихання уві сні, гематома ложа тощо.

Та і сама імплантація стимулятора є хірургічною процедурою.

У зв'язку з цим перспективним є пошук неінвазивних методів стимуляції вагуса.

Натепер проводяться експериментальні роботи з вивчення проби Вальсальви, скрізьшкірної, надсудинної стимуляції, стимуляції електромагнітним полем, масажу каротидного синуса та ін. [8; 12].

Безпосередньо керувати роботою вегетативної нервової системи свідомо неможливо, тому й змінювати серцевий ритм за власним бажанням теж. Але є можливість свідомо впливати на дихання.

Дихання – це взаємодія рухів з дихальними циклами. Це пов'язано як із біомеханічними, так і з біохімічними процесами.

Неефективна робота діафрагми призводить до додаткового механічного розкриття грудної клітки під час вдиху та зміни внутрішньочеревного тиску. Так відбувається активація симпатичної нервової системи [5].

Керуючи диханням, можна опосередковано впливати на тонус симпатичного та парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи.

Механізм змін ЧСС, час дихання пов'язаний з функціонуванням барорефлекторної системи стабілізації артеріального тиску [13]. Екскурсії грудної клітки і діафрагми під час дихання призводять до коливань тиску в грудній порожнині, що є збуджувальним впливом на систему стабілізації артеріального тиску [3]. Як відомо, серцевий викид зменшується на вдиху і збільшується на видиху внаслідок зміни припливу крові до серця у разі зміни тиску в грудній порожнині. Це викликає коливання артеріального тиску. Безпосередній вплив на частоту серцевого ритму зумовлює зміна тонусу блукаючого нерва. На вдиху відбувається зниження тонусу блукаючого нерва і кардіоінтервали скорочуються.

Вправа «вакуум» виконується за рахунок «хибного вдиху» – розширення грудної клітки у разі стисненого горла без доступу повітря. При цьому в грудній порожнині різко падає тиск, дихальна діафрагма розтягується,

займаючи максимально високе положення, живіт глибоко втягується всередину. У стінках стравоходу, шлунка та кишечника знаходяться численні волокна блукаючого нерва і під час виконання вправи «вакуум» вони активно стимулюються. Це викликає сильний та швидкий парасимпатичний ефект.

**Матеріал і методи дослідження.** Мета дослідження – корекція аритмій нейрогенного походження за допомогою прийому діафрагмального дихання «вакуум» та надання рекомендацій щодо попередження розвитку зазначених аритмій.

Відповідно до мети в дослідженні взяли участь 19 осіб молодого віку з надшлуночковими тахіаритміями. Рандомізовано досліджуваних було поділено на контрольну та основну групи. За статтю рандомізації не проводилось. Протягом 8 тижнів досліджувані основної групи щодня зранку натще та протягом дня виконували прийом діафрагмального дихання «вакуум» тривалістю 10–20 секунд по три підходи. Оцінку ефективності прийому діафрагмального дихання «вакуум» як засобу корекції аритмій нейрогенного походження проводили за динамікою показників холтеровського моніторингу. Вивчали 5-хвилинний відрізок запису кардіоінтервалограм. Користувалися часовими та спектральними показниками, прийнятими Робочою групою Європейського товариства кардіологів з вивчення варіабельності серцевого ритму. Для аналізу тонусу вегетативної нервової системи були вибрані такі показники частотної сфер: Very Low Frequency (VLF) – діапазон дуже низької частоти 0,004–0,04 Гц; Low Frequency (LF) – діапазон низької частоти 0,04–0,15 Гц; High Frequency (HF) – високочастотні коливання 0,15–0,40 Гц; TP (Total Power) – загальна потужність спектра у діапазоні від 0,003 до 0,40 Гц, що відображає сумарну активність нейрогуморальних впливів на серцевий ритм. Використовувалися значення максимальної амплітуди спектральних піків ( $\text{mc}^2/\text{Гц}$ ). Для осіб молодого віку нормальні показники VLF перебувають у діапазоні 30–130  $\text{mc}^2/\text{Гц}$ , LF – у діапазоні 15–30  $\text{mc}^2/\text{Гц}$ , HF – 15–35  $\text{mc}^2/\text{Гц}$ . HF відображає активність парасимпатичного

відділу вегетативної нервової системи, коливання LF пов'язані із симпатичним вазомоторним впливом, LF/HF – індекс вагосимпатичної взаємодії; VLF – багатокомпонентний показник, що включає ерготропні впливи надсегментарних вегетативних центрів; RRNN – середня тривалість RR інтервалів; SDNN – стандартне відхилення величин нормальних інтервалів RR, що відображають кінцевий результат численних регуляторних впливів на синусовий ритм. Нормальні показники у спокої в діапазоні 0,834–1,004 с для RRNN, 0,043–0,069 с для SDNN.

Всі отримані в ході дослідження експериментальні матеріали були оброблені з використанням статистичного пакета Microsoft Excel.

**Результати дослідження.** Дослідження показників вихідного вегетативного тону показали, що у стані спокою у обстежених обох груп зафіксовано автономно-центрально-типу реакції на стрес за показниками співвідношення LF/HF (тобто більше одиниці). Зростання частоти серцевих скорочень на 22,0% ( $P < 0,05$ ) вище за норму, потужність низьких частот LF  $1433 \pm 128$  мс<sup>2</sup>/Гц в основній групі та  $1398 \pm 151$  мс<sup>2</sup>/Гц у контрольній групі, потужність дуже низьких частот VLF –  $1904 \pm 156$  мс<sup>2</sup>/Гц та  $1975 \pm 105$  мс<sup>2</sup>/Гц відповідно також підтверджують перевагу автономного контуру регуляції. Відомо, що VLF-коливання пов'язані з терморегуляцією, що реалізується шляхом зміни периферичного кровотоку та з вазомоторною активністю. VLF-коливання відображають цере-

бральні ерготропні впливи на рівні мозку, що лежать нижче, й тісно пов'язані з тривогою та іншими формами психоемоційного напруження. Переважання симпатикотонії у досліджуваних обох груп зумовлюється зростанням стресу. Це дозволяє охарактеризувати вихідний стан механізмів саморегуляції як напруження функціональних систем, що зумовлюють вегетативний гомеостаз. Достовірних відмінностей основної та контрольної груп за досліджуваними показниками на початку дослідження не зафіксовано (таблиця 1).

Після восьми тижнів займання вправами діафрагмального дихання «вакуум» в основній групі та групі контролю, в якій вправи не виконували, було проведено повторне обстеження добового моніторування.

Суттєвих достовірних змін за досліджуваними показниками в контрольній групі зафіксовано не було. Спостерігалася тенденція до збільшення симпатичних впливів та підвищення активності центральних регуляторних механізмів серцевого ритму. Так, відбулося незначне зростання показника низькочастотного складника потужності спектра LF – на 3,0% ( $p < 0,05$ ) та зниження показника дуже низькочастотного складника потужності спектра VLF – на 2% ( $p < 0,05$ ). Та зростання індексу вагосимпатичної взаємодії LF/HF на 9,02%. Збільшення значення VLF на 1,87% свідчать про підвищене витрачання функціональних резервів організму для підтримки гомеостазу. Останнє підтверджується зниженням загальної потужності спектра

Таблиця 1

**Динаміка часових та спектральних показників серцевого ритму досліджуваних основної та контрольної груп ( $\bar{X} \pm \int x$ )**

Показники	Основна група (n=11)		Контрольна група (n=8)	
	Початок дослідження	Кінець дослідження	Початок дослідження	Кінець дослідження
ЧСС, уд/хв	96,1±4,3	79,9±3,4*	97,5±4,4	96,8±3,1
SDNN, мс	40,2±1,8	48,8±2,1	40,1±1,9	39,7 ±2,3
TP, мс <sup>2</sup> /Гц	4156±203	4112±172	4177±212	4093±129
HF, мс <sup>2</sup> /Гц	992±96	1317±112*	997±103	978±116
LF, мс <sup>2</sup> /Гц	1433±128	1118±97*	1398±151	1442±174
VLF, мс <sup>2</sup> /Гц	1904±156	1527±126*	1975±105	2012±178
LF/HF, у.о.	1,31±0,05	0,88±0,01*	1,33±0,15	1,45±0,03*

Примітка: \* – достовірна різниця між початком та кінцем дослідження

ТР з  $4177 \pm 212$  мс<sup>2</sup>/Гц до  $4093 \pm 129$  мс<sup>2</sup>/Гц. Відомо, що зниження значення ТР можуть слугувати індикатором зниження функціональних резервів організму.

Велике значення з точки зору підтвердження спрямованості змін мають результати статистичного аналізу досліджуваних показників у осіб основної групи.

Так, нами зафіксовано достовірне зниження показника ЧСС на 16,86% ( $p < 0,05$ ), зниження показника низькочастотного складника потужності спектра LF – на 22,0% ( $p < 0,05$ ), зниження показника дуже низькочастотного складника потужності спектра VLF – на 19,8% ( $p < 0,05$ ) та достовірне зростання показника регуляторних впливів на синусовий ритм SDNN – на 7,7% ( $p < 0,05$ ), зростання потужності показника високочастотного складника спектра HF – на 32,76% ( $p < 0,05$ ), що підтверджує зростання активності парасимпатичної ланки вегетативної нервової системи в регуляції серцевого ритму. Показник співвідношення LF/HF становив  $0,88 \pm 0,01$ , тобто навіть досяг значень, що свідчать про переважання ваготонії. Відзначено тенденцію до зниження показника загальної потужності спектра ТР. Отримані дані можуть розглядатися як посилення впливу корково-гіпоталамічних структур над

автономним контуром регуляції. Інші досліджувані показники не виходять за межі фізіологічної норми балансу регуляторних систем.

Таким чином, у зв'язку з війною в Україні підвищився рівень стресу серед населення, а це своєю чергою призводить до перебудови регуляторних механізмів, зрушення співвідношення симпато-парасимпатичних впливів, що негативно впливає на регуляцію серцево-судинної системи та порушень ритму. Свідомий вплив на дихання допомагає опосередковано керувати роботою вегетативної нервової системи та змінювати серцевий ритм.

**Висновки.** Аналіз отриманих експериментальних даних дозволяє рекомендувати прийом діафрагмального дихання «вакуум» для профілактики та корекції аритмій нейрогенного походження.

Припускаємо, що в рамках нейромодуляції активація вагуса може буде використана в лікуванні таких захворювань, як депресія, панічні атаки, ожиріння, захворювання шлунково-кишкового тракту, хвороби легень, які можуть ускладнювати перебіг кардіологічної патології.

Вважаємо, що активація вагуса може використовуватися в комплексному лікуванні у поєднанні з традиційними підходами медикаментозної терапії.

### Література

1. Іонов І.А., Комісова Т.С. Фізіологія кардіореспіраторної системи : методичні рекомендації. Харків : ФОРМ Петров В.В., 2018. 66 с.
2. Лутай М.І., Голікова І.П., Швидка М.П. Стрес та стрес, пов'язаний з воєнними діями: вплив на серцево-судинні захворювання та ІХС : монографія / за ред. В.М. Коваленко. Київ, 2022. С. 168–191. URL: [Stres-i-sertsevo-sudynni-zakhvoriuvannia-v-umovakh-voiennoho-stanu-szhat-y.pdf](#).
3. Страколист Г.М., Богдановська Н.В., Бессарабова О.В. Вплив діафрагмального дихання на стан ендотелію судин у молодих жінок з есенціальною гіпертензією. *Rehabilitation and Recreation*, 2023. №. 15. С. 111–117. DOI: [10.32782/2522-1795.2023.15.14](#).
4. Талаєва Т.В., Третяк І.В., Василичук Н.М., Вавілова Л.Л. Патогенетичні

### References

1. Ionov, I.A. (2018). *Fiziologiya kardiorespiratornoi sistemi: metodichni rekomendacii* [Physiology of the cardiorespiratory system: methodological recommendations]. Harkiv. 2018. 66 p. [in Ukrainian].
2. Lutai, M.I., Golikova, I.P., Shvidka, M.P. (2022). *Stres ta stres, poviazaniy z voennimi diyami: vpliv na sercevo-sudinni zahvoryuvannya ta IHS: / monografiya za red. V.M. Kovalenko* [Stress and war-related stress: effects on cardiovascular disease and coronary heart disease: monograph / sub. ed. V.M. Kovalenko]. Kyiv. 2022, pp. 168–191. Retrieved from: [Stres-i-sertsevo-sudynni-zakhvoriuvannia-v-umovakh-voiennoho-stanu-szhat-y.pdf](#) [in Ukrainian].
3. Strakolist, H.M., Bohdanovska, N.V., Bessarabova, O.V. (2023). *Vpliv diafragmalnogo dihannia na stan endoteliyu sudin u molodih zhinok z esencialnoyu gipertenzieyu* [The

механізми розвитку та прогресування серцево-судинної патології в умовах стресу. IXС : монографія / за ред. В.М. Коваленко. Київ, 2022. С. 24–39. URL: Stres-i-sertsevo-sudynni-zakhvoriuvannia-v-umovakh-voiennoho-stanu-szhat-y.pdf.

5. Chakraborty P., Farhat K., Morris L. et al. Non-invasive Vagus Nerve Simulation in Postural Orthostatic Tachycardia Syndrome. *Arrhythmia & Electrophysiology Review*. 2023. № 12. P. 31–38. DOI: 10.15420/aer.2023.20.

6. Gabriel M., Hurtado P. et al. Speech-induced atrial tachycardia: A narrative review of putative mechanisms implicating the autonomic nervous system. *Heart Rhythm O2*. 2023. № 4(9), P. 573–580. DOI: 10.1016/j.hroo.2023.07.006.

7. Garg P., Claxton J., Soliman et al. Associations of anger, vital exhaustion, anti-depressant use, and poor social ties with incident atrial fibrillation: The Atherosclerosis Risk in Communities Study. *European Journal of Preventive Cardiology*. 2021. № 28 (6), P. 633–640. DOI: 10.1177/2047487319897163.

8. Kaniusas E. Current Directions in the Auricular Vagus Nerve Stimulation I – A Physiological Perspective. *Neuroscience*. 2019. № 13. Article 854. DOI: 10.3389/fnins.2019.00854.

9. Marcelo H.A. Ichige, Carla R. Santos et al. Exercise training preserves vagal preganglionic neurones and restores parasympathetic tonus in heart failure. *Journal Physiology*. 2016. № 594 (21) P. 6241–6254. DOI: 10.1113/JP272730.

10. Patterson E. Sodium-calcium exchange initiated by the Ca<sup>2+</sup> transient: an arrhythmia trigger within pulmonary veins. *Journal of the American College of Cardiology*. 2006. № 47(6). P. 1196–1206.

11. Suna G., Mellor G. Explaining the Unexplained: A Practical Approach to Investigating the Cardiac Arrest Survivor. *Arrhythmia & Electrophysiology Review*. 2023. № 12. P. 27–34. DOI:10.15420/aer.2023.06.

12. Prinzen F. Electro-energetics of Biventricular, Septal and Conduction System Pacing. *Arrhythmia & Electrophysiology Review*. 2021. № 10(4), P. 250–257. DOI: 10.15420/aer.2021.30.

13. Stavrakis S., Stoner J., Humphrey M. et al. TREAT AF (Transcutaneous Electrical Vagus Nerve Stimulation to Suppress Atrial Fibrillation): A Randomized Clinical Trial.

effect of diaphragmatic breathing on the state of the vascular endothelium in young women with essential hypertension]. *Rehabilitation and Recreation*, 15, pp. 111–117. DOI: 10.32782/2522-1795.2023.15.14 [in Ukrainian].

4. Talaeva, I.V., Tretyak, I.V., Vasilin-chuk, N.M., Vavilova, L.L. (2022). Patogenetichni mehanizmi rozvitku ta progresuvannya sercevo-sudynnoi patologiyi v umovah stresu: monografiya pid red. V.M. Kovalenko [Pathogenetic mechanisms of development and progression of cardiovascular pathology under conditions of stress]. Kyiv, pp. 24–39. Retrieved from: Stres-i-sertsevo-sudynni-zakhvoriuvannia-v-umovakh-voiennoho-stanu-szhat-y.pdf [in Ukrainian].

5. Chakraborty, P., Farhat, K., Morris, L. et al. (2023). Non-invasive Vagus Nerve Simulation in Postural Orthostatic Tachycardia Syndrome. *Arrhythmia & Electrophysiology Review*. 2023. 12, pp. 31–38. DOI: 10.15420/aer.2023.20.

6. Gabriel, M., Hurtado, P et al. (2023). Speech-induced atrial tachycardia: A narrative review of putative mechanisms implicating the autonomic nervous system. *Heart Rhythm O2*. 2023. 4(9), pp. 573–580. DOI: 10.1016/j.hroo.2023.07.006.

7. Garg, P., Claxton, J., Soliman, et al. (2021). Associations of anger, vital exhaustion, anti-depressant use, and poor social ties with incident atrial fibrillation: The Atherosclerosis Risk in Communities Study. *European Journal of Preventive Cardiology*. 2021. 28 (6), pp. 633–640. DOI: 10.1177/2047487319897163.

8. Kaniusas, E. (2019). Current Directions in the Auricular Vagus Nerve Stimulation I – A Physiological Perspective. *Neuroscience*. 2019. 13. Article 854. DOI: 10.3389/fnins.2019.00854.

9. Marcelo, H.A. Ichige, Carla R. Santos et al. (2016). Exercise training preserves vagal preganglionic neurones and restores parasympathetic tonus in heart failure. *Journal Physiology*. 2016. 594 (21), pp. 6241–6254. DOI: 10.1113/JP272730.

10. Patterson, E. (2006). Sodium-calcium exchange initiated by the Ca<sup>2+</sup> transient: an arrhythmia trigger within pulmonary veins. *Journal of the American College of Cardiology*. 2006. 47(6), pp. 1196–1206.

11. Suna, G., Mellor, G. (2023). Explaining the Unexplained: A Practical Approach to Investigating the Cardiac Arrest Survivor.

*JACC Clinical Electrophysiol.* 2020. № 6 (3). P. 282–291.

14. Zhang Y., Huang Y. et al. Transcutaneous auricular vagus nerve stimulation (taVNS) for migraine: an fMRI study. *Regional Anesthesia & Pain Medicine.* 2021. № 46 (2). P. 145–150. DOI: 10.1136/rapm-2020-102088.

15. 2019 ESC Guidelines for the management of patients with supraventricular tachycardia. The Task Force for the management of patients with supraventricular tachycardia of the European Society of Cardiology (ESC) developed in collaboration with the Association for European Pediatric and Congenital cardiology (AEPC). *European Heart Journal.* 2020. № 41. P. 655–720. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz467.

Отримано: 14.02.2024

Прийнято: 11.03.2024

Опубліковано: 29.04.2024

*Arrhythmia & Electrophysiology Review.* 2023. 12, pp. 27–34. DOI: 10.15420/aer.2023.06.

12. Prinzen, F. (2021). Electro-energetics of Biventricular, Septal and Conduction System Pacing. *Arrhythmia & Electrophysiology Review.* 2021. 10(4), pp. 250–257. DOI: 10.15420/aer.2021.30.

13. Stavrakis, S., Stoner, J., Humphrey, M. et al. (2020). TREATAF (Transcutaneous Electrical Vagus Nerve Stimulation to Suppress Atrial Fibrillation): A Randomized Clinical Trial. *JACC Clin Electrophysiol.* 2020. 6 (3), pp. 282–291.

14. Zhang, Y., Huang, Y. et al. (2021). Transcutaneous auricular vagus nerve stimulation (taVNS) for migraine: an fMRI study. *Regional Anesthesia & Pain Medicine.* 2021. 46 (2), pp. 145–150. DOI: 10.1136/rapm-2020-102088.

15. 2019 ESC Guidelines for the management of patients with supraventricular tachycardia. The Task Force for the management of patients with supraventricular tachycardia of the European Society of Cardiology (ESC) developed in collaboration with the Association for European Pediatric and Congenital cardiology (AEPC). *European Heart Journal.* 2020. 41, pp. 655–720. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz467.

Received on: 14.02.2024

Accepted on: 11.03.2024

Published on: 29.04.2024