

РОЛЬ ПОКАЗНИКІВ ТУРБУЛЕНТНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ В КЛІНІЧНОМУ ОБСТЕЖЕННІ ХВОРОГО. КЛІНІЧНИЙ ВИПАДОК

Тащук В.К., Маліневська-Білійчук О.В., Тащук М.В., Амеліна Т.М.

Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна

Ключові слова: холтерівський моніторинг електрокардіограми, турбулентність серцевого ритму, серцево-судинні захворювання, екстрасистола.

Буковинський медичний вісник. 2026. Т. 30, № 1 (117). С. 162-166.

DOI: 10.24061/2413-0737.30.1.117.2026.25

E-mail: vtashchuk@ukr.net
oleksandravmb@gmail.com
amelinatania@gmail.com

Резюме. оцінити клінічні перспективи застосування показників турбулентності та варіабельності серцевого ритму на реальному клінічному випадку.

Матеріал і методи. Запроваджено оптимізований підхід у визначенні серцево-судинного ризику на прикладі конкретного пацієнта за ретельного аналізу показників турбулентності та варіабельності серцевого ритму.

Результати. Показники турбулентності серцевого ритму пацієнта: $HRT0=+6,16\%$; $HRTS=0,34$. Показники варіабельності серцевого ритму: $SDNN=150,4$ мс, $SDANN=143,0$ мс, $RMSDD=25,6$ мс, $pNN50=2,7\%$, $LF/HF=2,1\%$, $LFn=61,4\%$, $HFn=38,6\%$, $VLF=1564,8$ мс².

Висновки. Показники турбулентності серцевого ритму вказують на підвищений ризик серцево-судинних подій і об'єктивізують необхідність ретельного моніторингу стану пацієнтки. Відзначена висока загальна варіабельність ($SDNN$, $SDANN$), що свідчить про хороший резерв адаптації, проте є легке домінування симпатичної активності ($LF/HF>2$, $LFn>60\%$), що може бути ознакою стресового навантаження, емоційного напруження. Парасимпатичні показники ($RMSSD$, $pNN50$, HFn) – на нижній межі норми, що свідчить про зниження відновлювальних процесів, а значення VLF – підвищене, що може вказувати про активацію глибших регуляторних процесів (ендокринна, імунна).

THE ROLE OF HEART RATE TURBULENCE INDICES IN THE CLINICAL EXAMINATION OF A PATIENT. CLINICAL CASE

Tashchuk V.K., Malinevska-Biliichuk O.V., Tashchuk M.V., Amelina T.M.

Key words: Holter ECG monitoring, heart rate turbulence, cardiovascular diseases, extrasystole.

Bukovinian Medical Herald. 2026. V. 30, № 1 (117). P. 162-166.

Resume. To evaluate the clinical perspectives of using heart rate turbulence (HRT) and heart rate variability (HRV) indicators based on a real clinical case.

Materials and methods. An optimized approach to determining cardiovascular risk was introduced using the example of a specific patient, based on a thorough analysis of heart rate turbulence and heart rate variability indices.

Results. Heart rate turbulence indicators: $HRT0=+6.16\%$; $HRTS=0.34$. Heart rate variability indicators: $SDNN=150.4$ ms, $SDANN=143.0$ ms, $RMSSD=25.6$ ms, $pNN50=2.7\%$, $LF/HF=2.1\%$, $LFn=61.4\%$, $HFn=38.6\%$, $VLF=1564.8$ ms².

Conclusions. Heart rate turbulence indicators suggest an increased risk of cardiovascular events and demonstrate the need for careful monitoring of the patient's condition. A high total variability ($SDNN$, $SDANN$) was noted, indicating good adaptive reserve, although a slight predominance of sympathetic activity ($LF/HF>2$, $LFn>60\%$) is present, which may indicate stress load or emotional tension. Parasympathetic parameters ($RMSSD$, $pNN50$, HFn) are at the lower limit of normal, indicating reduced recovery processes, while the elevated VLF value may suggest activation of deeper regulatory mechanisms (endocrine, immune).

Вступ. Холтерівський моніторинг електрокардіограми (ХМЕКГ) – сучасний та високоінформативний метод оцінки електричної активності серця [1]. Широкого впровадження зазнає вивчення коливань тривалості циклів синусового ритму – турбулентності серцевого ритму (TCP), що визначається після передчасного серцевого скорочення, визначеного за ХМЕКГ, та включає опис двох числових дескрипторів, а саме початок турбулентності (“turbulence onset”, TO) та нахил турбулентності (“turbulence slope”, TS) серцевого ритму. Клінічна значимість полягає в тому, що в

пацієнтів низького серцево-судинного ризику (ССР) визначається раннє прискорення з подальшим уповільненням синусового ритму, тоді як у пацієнтів високого ССР дана тенденція не спостерігається [2]. Отже, ТСР – перспективний метод прогнозування шлуночкових тахіаритмій та серцевої смерті, особливо в осіб із перенесеним інфарктом міокарда, ідентифікованою серцевою недостатністю та в пацієнтів зі зниженою фракцією викиду лівого шлуночка (ФВ ЛШ) [3;4;5].

Клінічний випадок

Пацієнтка А., 55 років, звернулася на консультацію з попереднім діагнозом: Ішемічна хвороба серця. Дифузний кардіосклероз. Блокада правої ніжки пучка Гіса. Епізоди надшлуночкової пароксизмальної тахікардії. Симптоматична гіпертензія. Серцева недостатність 0.

У процесі обстеження зафіксовані скарги на підвищення артеріального тиску (АТ) на тлі гіпотонії, іноді кардіалгії, не пов'язані з фізичним навантаженням, поодинокі перебої в роботі серця.

На ЕКГ – ритм синусовий, правильний, блокада правої ніжки пучка Гіса (БПНПГ).

За даними ехокардіографії (ЕхоКГ), визначена ФВЛШ – 60%, незначна гіпертрофія лівого шлуночка (ГЛШ), ознаки атеросклеротичних змін.

Ліпідограма: загальний холестерин - 8,49 ммоль/л, тригліцериди - 1,30 ммоль/л, ліпопротеїни високої щільності - 1,56 ммоль/л, ліпопротеїни низької щільності - 5,60 ммоль/л, індекс атерогенності - 4,11.

Ревмопроби: С-реактивний протеїн - 0,57 мг/л, АСЛО - 97,9 Од/л, Ревматоїдний фактор - 28,3 Од/л.

Коагулограма: Протромбіновий індекс - 87,5%, Фібриноген - 2,75 г/л, Міжнародне нормалізоване відношення - 1,37, Гематокрит - 32,9% при ШОЕ 24 мм/год.

Дуплекс-УЗД екстракраніальних судин – комплекс інтима-медіа - 0,07-0,08 см, у ділянці біфуркації загальної сонної артерії справа - 0,13 см, хвилеподібна звитість хребтової артерії.

Велоергометрия – вихідні АТ - 120/90 мм рт.ст. і частота серцевих скорочень (ЧСС) - 90 уд/хв (розрахункова ЧСС – 153 уд/хв) – проба припинена при 120 Вт (IV ступінь навантаження) досягла за ЧСС (на висоті навантаження ЧСС - 150 уд/хв при АТ - 175/100 мм рт.ст.), реституція – 10 хв (АТ - 90/60 мм рт.ст. і

ЧСС - 140 уд/хв) – в умовах БПНПГ ішемія міокарда необ'єктивізована – без клініко-ЕКГ змін – сповільнене відновлення ЧСС за реституції (обмежений хронотропний резерв).

УЗД щитовидної залози – ознаки тиреоїдиту – рекомендована консультація ендокринолога.

МРТ – протрузія міжхребцевих дисків С3-4-5-6-7 – остеохондроз шийного відділу хребта.

ХМЕКГ – ЧСС за весь період: середня - 71 уд/хв, мінімальна - 52 уд/хв об 20:00, максимальна – 129 уд/хв об 04:10.

Порушення провідності - пауз не виявлено. БПНПГ.

Середній інтервал PQ за весь період спостереження дорівнює 202 мс. Надшлуночкові порушення ритму - виявлено 30 надшлуночкових екстрасистол, серед яких: серій 9, парних 2, ізольованих 19. Спостерігався епізод пароксизмальної надшлуночкової тахікардії вночі.

Шлуночкові порушення ритму - виявлено 3 шлуночкових екстрасистол, серед яких: ізольованих 3.

Тривалість інтервалу QT за весь період дослідження становить: середній = 420 мс (QTc=458 мс), на максимальній ЧСС QT= 425 мс, на мінімальній ЧСС QT= 471 мс. Протягом дослідження спостерігалось укорочення інтервалу QT загальною тривалістю 0:01:00 (0.1%) (мінімальне QTc = 319 мс об 05:40) і подовження інтервалу QT загальною тривалістю 19:42:00 (88.2%) (максимальне QTc = 528 мс об 08:00).

Виявлена елевація сегмента ST загальною тривалістю 1 хв (0%) у відведенні V6, максимальна елевація 131 мкВ об 07:35. Встановлена депресія сегмента ST загальною тривалістю 7 хв (1%) у відведенні II, максимальна депресія -222 мкВ об 10:50. Динаміка змін сегмента ST та зубця T представлені на рисунках 1 та 2.

У пацієнтки зафіксована ШЕ (рис. 3) та проведено визначення показників акселерації (прискорення серцевого ритму після ШЕ, HRTO) та децелерації (сповільнення серцевого ритму після попереднього прискорення, HRTS) згідно з власним попередньо продемонстрованим математичним підходом за застосування індивідуальної формули [6].

Показники ТСР визначені за нижчевказаними

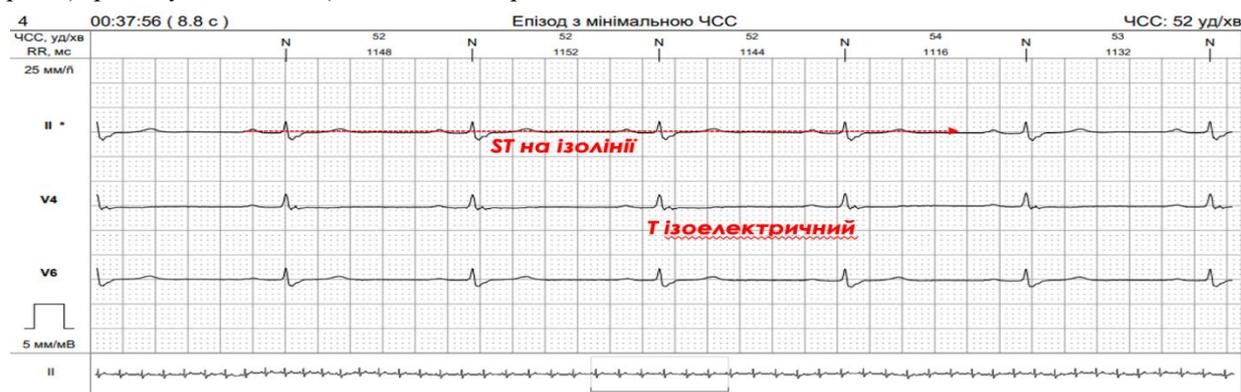


Рис. 1. Морфологія зубця T та динаміка сегмента ST за ХМЕКГ при мінімальній ЧСС

Клінічний випадок

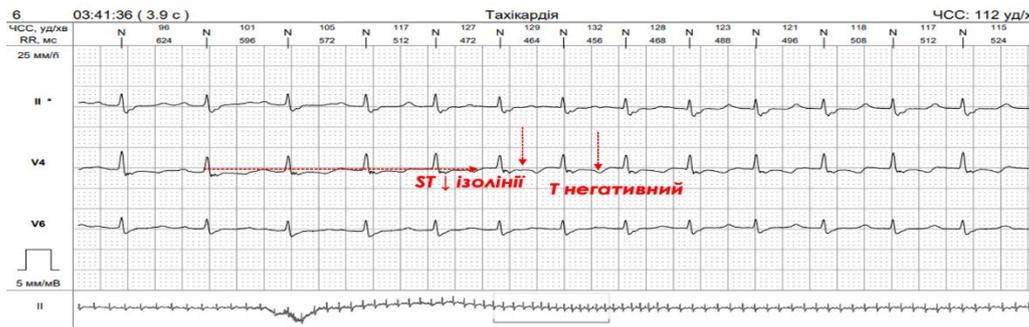


Рис. 2. Морфологія зубця T та динаміка сегмента ST за ХМЕКГ при тахікардії

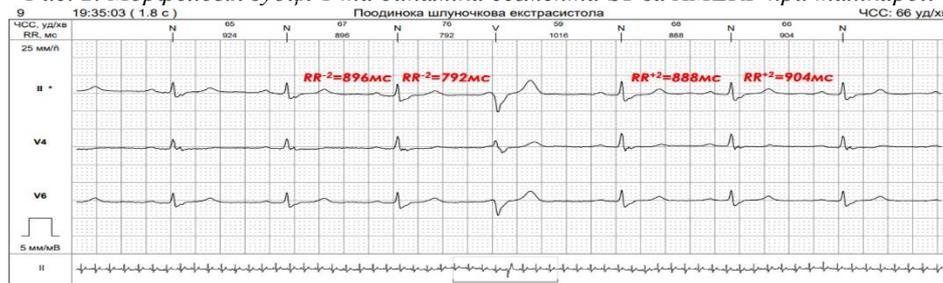


Рис. 3. Поодинокі шлуночкова екстрасистола з об'єктивізацією значень RR

формулами, графічне моделювання зображено на рисунку 4:

$$HRTO = \frac{[(RR^{+2}=888\text{мс}) + (RR^{+2}=904\text{мс})] - [(RR^{-2}=896\text{мс}) + (RR^{-2}=792\text{мс})]}{[(RR^{-2}=896\text{мс}) + (RR^{-2}=792\text{мс})] + (RR^{-2}=792\text{мс})} * 100\%$$

$$HRTO = (1792\text{мс} - 1688\text{мс} / 1688\text{мс}) * 100\% = +6,16\%$$

$$HRTS = 0,34$$

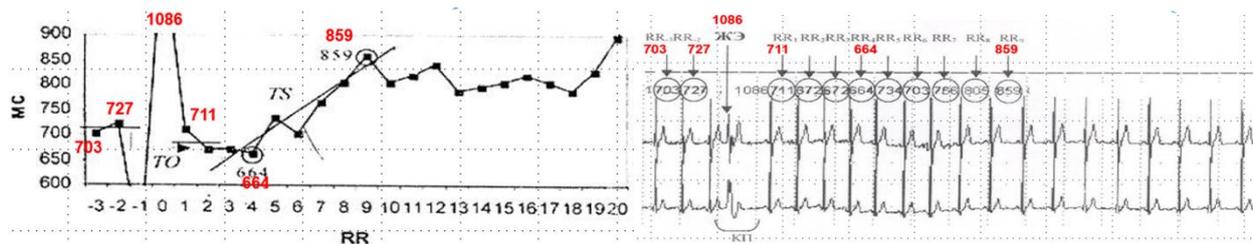


Рис. 4. Графічне моделювання визначення показників TCP

У попередніх дослідженнях встановлено, що значення $HRTO < 0\%$, а $HRTS > 2,5$ мс/RR вважається нормою, тоді як $HRTO > 0\%$, $HRTS < 2,5$ мс/RR - патологічно змінені.

Нами отримані нижчевказані показники: $HRTO = +6,16\%$ і $HRTS = 0,34$, які відзначаємо як патологічні, оскільки $HRTO$ - маркер раптової кардіальної смерті або фатальних аритмій, коли $HRTO > 0\%$, а $HRTS$ - маркер патології за строгим критерієм $< 2,5$ мс/RR. Отже, показники TCP вказують на підвищений ризик серцево-судинних подій і об'єктивізують необхідність ретельного моніторингу стану пацієнтки.

Детально описані показники варіабельності серцевого ритму та їх клінічне значення (рис. 5). У пацієнтки значення SDNN (Standard Deviation of NN intervals), що описує загальну варіабельність серцевого ритму за весь період запису, дорівнювало 150,4 мс, що свідчить про високу вагусну активність, тоді як

референтні значення $SDNN < 50$ мс вказують на низьку варіабельність та асоціюються з підвищеним ризиком серцево-судинних подій, аритмій, стресу, депресії.

Показник SDNNi (Mean of the standard deviations of NN intervals in 5-min segments), що відображає внутрішньодобову BCP, більш чутливий до вегетативної регуляції ніж загальний SDNN, дорівнював 47,2 мс та вказував на переважання парасимпатичної активності, оскільки за референтних значень < 20 мс об'єктивізується симпатична домінанта та асоціюється з високим ризиком серцевих ускладнень, стресом, втому, порушенням адаптації.

У даному клінічному випадку значення SDANN (Standard deviation of the averages of NN intervals in 5-min segments), що відображає довгострокову (повільну) BCP, пов'язану із циркадними ритмами, терморегуляцією, гормональними коливаннями дорівнювало 143,0 мс, що є позитивним прогностичним маркером та свідчить про стабільну

Аналіз варіабельності серцевого ритму

Час	NN	SDNN	SDNNi	SDANN	RMSDD	pNN50 %	T1 %	VLF	LF	HF	LFn	HFn	LF / HF
	мс							мс ²			%		
Весь період	821.6	150.4	47.2	143.0	26.5	2.7	13.0	1564.8	515.0	514.1	61.4	38.6	2.1
Активний період	808.2	140.2	49.0	108.7	29.0	3.3	12.0	1397.5	570.2	636.8	64.3	35.7	2.4
Пасивний період	934.0	151.9	44.0	130.3	22.0	1.7	20.4	1864.4	416.1	294.2	56.3	43.7	1.5
Циркад. індекс	0.9	0.9	1.1	0.8	1.3	1.9	0.6	0.7	1.4	2.2	1.1	0.8	1.6

Рис. 5. Показники варіабельності серцевого ритму

вегетативну регуляцію, оскільки SDANN <40 мс вказує на низьку варіабельність та асоціюється з високим ризиком смертності, ішемічною хворобою серця, поганою адаптацією до стресу.

У пацієнтки визначено, що показник RMSDD (Root Mean Square of Successive Differences), що описує короткострокову варіабельність, особливо чутливий до парасимпатичної (вагусної) активності, становив 25,6 мс, що є позитивним маркером і вказує на переважання парасимпатики, тоді як RMSDD <20 мс асоціюється з високим ризиком серцевих подій, зниженим відновленням, хронічним стресом.

Значення pNN50 (Percentage of NN intervals differing by >50 ms), що відображає короткострокову варіабельність, чутливий до парасимпатичної регуляції становило 2,7%, що вказує на високий рівень відновлювальних процесів, оскільки референтне значення pNN50<1% асоціюється з високим ризиком серцевих подій, депресією, поганим сном.

У пацієнтки відзначили, що VLF (Very Low Frequency), який демонструє повільні фізіологічні процеси, пов'язані з терморегуляцією, гормональними коливаннями, імунною активністю, циркадними ритмами становив 1564,8 мс², що свідчить про активацію глибших регуляторних процесів (ендокринна, імунна), тоді як частотний референтний частотний діапазон становить 0.0033–0.04 Hz.

Значення LF (Low Frequency), що відображає змішану активність — як симпатичну, так і парасимпатичну, але з перевагою симпатики та частково пов'язаний із барорефлексом, склав 515,0 мс², що знаходиться в межах умовної норми (референтні значення - ~300–600 мс²). Високий LF може свідчити про гіперактивацію симпатики, ризик гіпертонії, погане відновлення. Низький LF — асоціюється з виснаженням, зниженим резервом адаптації, поганим прогнозом при хронічних станах.

Показник HF (High Frequency), що відображає парасимпатичну (вагусну) активність, особливо чутливий до дихальної синусної аритмії, становив 514,1 мс², що знаходиться в межах умовної норми (референтні значення - ~300–700 мс²). Низький HF — асоціюється з високим ризиком серцевих подій, депресією, виснаженням. Високий HF — позитивний маркер, але надмірно високі значення можуть бути при вагусній гіперактивності, брадикардії.

Значення LFn (Low Frequency normalized), що описує відносну активність симпатичної системи у спектрі ВСР, становило 61,4 %, яке асоціюється з підвищеним ризиком гіпертонії, тривожністю, поганим сном. Референтні значення ~30–60% — норма, тоді як <30% свідчить про вагусну перевагу. Високий LFn — асоціюється з підвищеним ризиком гіпертонії, тривожністю, поганим сном. Низький LFn — може свідчити про виснаження, депресію або вагусну гіперактивність.

У пацієнтки HFn (High Frequency normalized), що описує відносну активність парасимпатичної системи, становив 38,6 % при референтних значеннях ~40–70% — норма, тоді як <30% — симпатичне домінування. Низький HFn — асоціюється з високим ризиком серцевих подій, депресією, виснаженням. Високий HFn — позитивний маркер, але надмірно високі значення можуть бути при вагусній гіперактивності, брадикардії або нейровегетативній нестабільності.

Показник LF/HF (LF/HF Ratio), що відображає вегетативний баланс — тобто співвідношення симпатичної та парасимпатичної активності, дорівнює 2,1%, що зрушений у бік підвищеного ризику гіпертонії, серцевих подій, поганим сном при референтних значеннях ~1,0% — баланс, тоді як <0,5% - свідчить про парасимпатичну перевагу.

Показники турбулентності серцевого ритму в пацієнтки вказують на підвищений ризик серцево-судинних подій і об'єктивізують необхідність ретельного моніторингу стану пацієнтки. Відзначена висока загальна варіабельність (SDNN, SDANN), що свідчить про хороший резерв адаптації, проте є легке домінування симпатичної активності (LF/HF>2, LFn>60%), що може бути ознакою стресового навантаження, емоційного напруження. Парасимпатичні показники (RMSDD, pNN50, HFn) — на нижній межі норми, що свідчить про зниження відновлювальних процесів, а значення VLF — підвищене, що може вказувати про активацію глибших регуляторних процесів (ендокринна, імунна).

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів, зокрема фінансових, особистісних чи інших, що могли би вплинути на представлене дослідження і його результати.

Фінансування. Дослідження проводилося без фінансової підтримки.

Список літератури

- Sridhar AR, Cheung JW, Lampert R, Silva JNA, Gopinathannair R, Sotomonte JC, et al. State of the art of mobile health

Клінічний випадок

technologies use in clinical arrhythmia care. *Commun Med.* 2024;4(1):218. DOI: 10.1038/s43856-024-00618-4.

2. Schmidt G, Malik M, Barthel P, Schneider R, Ulm K, Rolnitzky L, et al. Heart-rate turbulence after ventricular premature beats as a predictor of mortality after acute myocardial infarction. *Lancet.* 1999 Apr 24;353(9162):1390-96. DOI: 10.1016/S0140-6736(98)08428-1.

3. Витриховський АІ. Варіабельність та турбулентність серцевого ритму в діагностиці, лікуванні та профілактиці ускладнень в осіб із високим та дуже високим серцево-судинним ризиком [дисертація]. Івано-Франківськ: ДВНЗ "Івано-Франківський національний медичний університет"; 2019.

4. Ташук ВК, Іванчук ПР, Гуменюк АЛ. Предиктори ризику у пацієнтів із коронарними і некоронарними захворюваннями серця та шлуночковими екстрасистолами залежно від турбулентності серцевого ритму. *Клінічна та експериментальна патологія.* 2020;19(2):54-61.

5. Kim JY, Park YJ, Park SJ, Kim J, Park KM, On YK, et al. Noninvasive risk assessment and prediction of cardiac outcomes in patients with congestive heart failure or myocardial infarction. *Heart Rhythm.* 2025;22(4):1030-39. DOI: 10.1016/j.hrthm.2024.10.012.

6. Ташук ВК, Амеліна ТМ, Маліневська-Білійчук ОВ, Ташук МВ, Мельничук СВ, Первозванський СВ. Аналіз турбулентності серцевого ритму: показники HRTO/HRTS і інноваційні розрахунки моделі прецизійної кардіології у програмному забезпеченні аналізу даних. *Буковинський медичний вісник.* 2025;29(2):28-32. DOI: 10.24061/2413-0737.29.1.

References

1. Sridhar AR, Cheung JW, Lampert R, Silva JNA, Gopinathannair R, Sotomonte JC, et al. State of the art of mobile health technologies use in clinical arrhythmia care. *Commun Med.* 2024;4(1):218. DOI: 10.1038/s43856-024-00618-4.

2. Schmidt G, Malik M, Barthel P, Schneider R, Ulm K, Rolnitzky L, et al. Heart-rate turbulence after ventricular premature beats as a predictor of mortality after acute myocardial infarction. *Lancet.* 1999 Apr 24;353(9162):1390-96. DOI: 10.1016/S0140-6736(98)08428-1.

3. Vytrykhovs'kyi AI. Variabel'nist' ta turbulentnist' sertsevoho rytmu v diahnozytsi, likuvanni ta profilaktytsi uskladnen' v osib iz vysokym ta duzhe vysokym sertsevo-sudynnym ryzykom [Heart rate variability and turbulence in the diagnosis, treatment and prevention of complications in individuals with high and very high cardiovascular risk] [dissertation abstract]. Ivano-Frankivsk: DVNZ "Ivano-Frankivskiy natsional'nyi medychnyi universytet"; 2019. (in Ukrainian).

4. Tashchuk VK, Ivanchuk PR, Humeniuk AL. Predyktory ryzyku u patsientiv iz koronarnymy i nekoronarnymy zakhvoriuvanniamy sertsia ta shlunochkovymy ekstrasytolamy zalezchno vid turbulentnosti sertsevoho rytmu [Risk predictors in patients with coronary and non-coronary heart disease and ventricular extrasystoles depending on cardiac rhythm turbulence]. *Klinichna ta eksperymental'na patolohiia.* 2020;19(2):54-61. (in Ukrainian).

5. Kim JY, Park YJ, Park SJ, Kim J, Park KM, On YK, et al. Noninvasive risk assessment and prediction of cardiac outcomes in patients with congestive heart failure or myocardial infarction. *Heart Rhythm.* 2025;22(4):1030-39. DOI: 10.1016/j.hrthm.2024.10.012.

6. Tashchuk VK, Amelina TM, Malinevs'ka-Biliichuk OV, Tashchuk MV, Mel'nychuk SV, Pervozvans'kyi SV. Analiz turbulentnosti sertsevoho rytmu: pokaznyky HRTO/HRTS i innovatsiini rozrakhunky modeli pretsyziinoi kardioloohii u prohrannomu zabezpechenni analizu danykh [Heart rate turbulence analysis: HRTO/HRTS metrics and innovative precision cardiology model calculations in data analysis software]. *Bukovyns'kyi medychnyi visnyk.* 2025;29(2):28-32. DOI: 10.24061/2413-0737.29.1.

Відомості про авторів

Ташук В.К. – д-р мед. наук, професор, зав. каф. внутрішньої медицини, фізичної реабілітації та спортивної медицини, Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна. <https://orcid.org/0000-0002-7988-5256>.

Маліневська-Білійчук О.В. – д-р філософії, асистент кафедри внутрішньої медицини, фізичної реабілітації та спортивної медицини, Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна. <https://orcid.org/0000-0001-7635-396X>.

Ташук М.В. – аспірант, Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна.

Амеліна Т. М. – канд.мед.наук, доцент кафедри внутрішньої медицини, фізичної реабілітації та спортивної медицини Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна. <https://orcid.org/0000-0001-7629-914X>.

Information about the authors

Tashchuk V.K. – Doctor of Medicine, Professor, Head of the Department of Internal Medicine, Physical Rehabilitation and Sport Medicine, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine. <https://orcid.org/0000-0002-7988-5256>.

Malinevska-Biliichuk O.V. – Philosophy Doctor, As. Professor, Department of Internal Medicine, Physical Rehabilitation and Sport Medicine, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine. <https://orcid.org/0000-0001-7635-396X>.

Tashchuk M.V. – post graduate fellow, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

Amelina T.M. – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor at the Department of Internal Medicine, Physical Rehabilitation and Sports Medicine of Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine. <https://orcid.org/0000-0001-7629-914X>.



*Дата першого надходження рукопису до видання: 05.02.2026 р.
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 19.02.2026 р.
Дата публікації: 19.03.2026 р.*