ВИЗНАЧЕННЯ КЛІНІЧНОЇ РОЛІ ТУРБУЛЕНТНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ В СТРАТИФІКАЦІЇ РИЗИКУ ЖИТТЄВО-НЕБЕЗПЕЧНИХ АРИТМІЙ

Соловйов Олександр Володимирович
ORCID ID: 0000-0002-2916-6106
Кандидат медичних наук
Асистент кафедри загальної практики – сімейної медицини, психіатрії та неврології
Навчально-науковий інститут післядипломної освіти
Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Україна

Сіталенко Тетяна Петрівна
ORCID ID: 0009-0009-9317-167X
лікар
Комунальне некомерційне підприємство «Клініка «Сімейний лікар» Широківської сільської ради, Україна

Актуальність. У клінічній практиці шлуночкові аритмії, що виникають у хворих на ІХС, особливо після гострого інфаркту міокарда (ГІМ), розглядаються як важливий фактор ризику. Ступінь тяжкості цих аритмій є варіабельним: від доброякісних, безсимптомних поодиноких шлуночкових екстрасистол до злоякісних життєво-небезпечних і фатальних аритмій. З часом у пацієнтів з ІХС можливе виявлення різних, часто комбінованих видів шлуночкових порушень ритму. Слід підкреслити, що у цієї категорії хворих часто спостерігається динамічна зміна та поява множинних типів шлуночкових порушень ритму [1, 2].

Тривалий час науковці ведуть пошук ефективних, неінвазивних предикторів ризику раптової кардіальної смерті та методів її запобігання. Першою є стратегія імплантації кардіовертера-дефібрилятора (ІКД). На сьогодні єдиним показником, який послідовно використовується для визначення показань до його застосування, є фракція викиду лівого шлуночка (ФВ ЛШ). Прогнозується, що широке впровадження ІКД у клінічну практику сприятиме збільшенню тривалості життя та зниженню кількості випадків раптової кардіальної смерті. Однак, на жаль, на сьогодні застосування ІКД в Україні є обмеженим через його високу вартість [3].

Другим напрямком у боротьбі з раптовою кардіальною смертю є навчання волонтерів навичкам проведення серцево-легеневої реанімації

(СЛР) з використанням манекенів- тренажерів та автоматичного зовнішнього дефібрилятора (АЗД). Ця концепція передбачає розміщення АЗД у громадських місцях, що дозволить навченому волонтеру надати допомогу пацієнту з раптовою зупинкою серця до прибуття бригади екстреної медичної допомоги [4].

Проблема ідентифікації предикторів фатальних аритмій у пацієнтів, які перенесли гострий інфаркт міокарда (ГІМ), залишається актуальною протягом тривалого часу. Оскільки до 10 % цих хворих помирають від кардіальної смерті протягом першого року після ГІМ, профілактика життєво-небезпечних аритмій набуває особливої клінічної значущості. Тому дослідники звертають увагу на маркери, що відображають функціональний стан міокарда та вегетативної нервової системи. У цьому контексті певні показники, що характеризують варіабельність та турбулентність серцевого ритму, розглядаються як потенційно корисні інструменти для поліпшення стратифікації ризику життєво-небезпечних і фатальних аритмій [5, 6].

Основна частина. У 1999 році G. Schmidt та співавт. запропонували концепцію турбулентності серцевого ритму (ТСР, Heart Rate Turbulence, HRT) як нового високопотужного неінвазивного предиктора смертності. Турбулентность серцевого ритму являє собою короткочасне коливання тривалості синусового циклу, що відбувається після шлуночкової екстраситоли скорочення (ШЕС) і вимірюється за допомогою добового моніторингу ЕКГ за Холтером. З моменту свого відкриття ТСР швидко зарекомендувала себе як незалежний прогностичний фактор, особливо у пацієнтів після гострого інфаркту міокарда (ГІМ) та у хворих із хронічною серцевою недостатністю (СН) [7, 8].

Шлуночкова екстрасистола призводить до значного зниження ударного об’єму та транзиторної гіпотензії. Це зниження артеріального тиску стимулює барорецептори дуги аорти та каротидного синуса, що запускає двофазну компенсаторну реакцію вегетативної нервової системи, переважно парасимпатичної ланки. У здорової ВНС реакція відбувається швидко, тоді як порушення ТСР свідчить про автономну дисфункцію та зниження чутливості барорефлексу [9].

Турбулентность серцевого ритму кількісно оцінюється за двома параметрами. Перший параметр це початок турбулентності (Turbulence Onset, ТО), він відображає початкову фазу реакції - невелике, але швидке прискорення серцевого ритму після ШЕС. Фізіологічно це є результатом

короткочасного зниження вагусного тонусу, що є відповіддю на гіпотензію. Другий параметр нахил турбулентності (Turbulence Slope, TC) описує другу фазу - подальше, поступове уповільнення серцевого ритму, що слідує за початковим прискоренням. Це результат короткочасногоь зниження вагусного тонусу (барорефлекторне відновлення). Здорова реакція характеризується сильним прискоренням синусового ритму, за яким слідує швидке уповільнення [10].

Слід зазначити, що TCP, на відміну від Варіабельності Серцевого Ритму (ВСР), яка вимірює загальний тонус ВНС, є мірою динамічної реактивності барорефлексу. Ця характеристика пояснює, чому прогностична потужність TCP зберігається навіть у пацієнтів із сильно пригніченою загальною ВСР або тих, хто приймає β-адреноблокатори [11].

Стандартизований підхід до обчислення TCP. Методологія розрахунку TCP вимагає стандартизації для забезпечення відтворюваності клінічних результатів. Відповідно до консенсусу Міжнародного товариства Холтерівського моніторингу, TCP розраховується на основі усередненої відповіді синусового ритму на ШЕС. Процедура включає вибір 24 RR-інтервалів, що охоплюють ШЕС (два інтервали перед ШЕС, ШЕС, компенсаторну паузу і 20 інтервалів, що настають за паузою). Ці послідовності усереднюються за 24-годинний Холтерівський запис, щоб мінімізувати вплив випадкових коливань і забезпечити надійну оцінку барорефлекторної відповіді. Цей метод усереднення значень RR-інтервалів перед розрахунком TCP є рекомендованим [12].

Обмеження застосування TCP. Проте існують важливі методологічні обмеження. Розрахунок залежить від наявності достатньої кількості вільних від[артефактів та аритмій послідовностей після ШЕС. Отже, TCP не може бути виміряна у пацієнтів, які не мають шлуночкових екстрасистол, або у пацієнтів із постійною фібриляцією передсердь (ФП). У пацієнтів із ФП гемодинамічна флуктуація, спричинена нерегулярним ритмом, може впливати на барорефлекторну чутливість [13].

Метод оцінки TCP зарекомендував себе як один із найпотужніших неінвазивних предикторів ризику після ГІМ. З моменту першого опису прогностична потужність TCP була перевірена у багатьох дослідженнях. Мета-аналіз M. Disertori та співавт., проведений на великій кількості когорт пацієнтів, чітко продемонстрував значне збільшення ризику смертності та аритмічних подій у пацієнтів із патологічною TCP [14].

Наразі тривають наукові пошуки нових підходів щодо цифрового обчислення показників ТСР у програмних засобах. Так у роботі Тащука В.К. зі співав. запропоновано інноваційний підхід до обрахування показників ТСР та показано їх значний потенціал для впровадження в моделях прецизійної кардіології: тобто для кращого прогнозування, більш персоналізованого управління ризиком і визначення цілей лікування [15].

Висновок. Таким чином, турбулентність серцевого ритму є високоінформативним, неінвазивним фізіологічним маркером, що відображає функціональну цілісність барорефлекс-опосередкованого контролю серцевого ритму. Використання ТСР дає змогу оцінити ефективность нейрогуморальної модуляції та лікування у пацієнтів зі шлуночковими аритміями. Майбутні дослідження повинні бути спрямовані на інтеграція ТСР з біомаркерами для підвищення позитивної прогностичної цінності щодо життєво-небезпечних та фатальних аритмій.

Список використаних джерел:

1. Sid EV, Malynovska OY. The risk of premature ventricular contractions depending on parameters of the left ventricular systolic function among patients with acute myocardial infarction. Modern medical technology. 2019;1:12-16. DOI: 10.34287/MMT.1(40).2019.2
2. Zheng, M., Zhou, Z., Deng, K. Q., Zhang, H., Zeng, Z., Zhang, Y., ... & Lu, Z. (2025). Ventricular Arrhythmias and Myocardial Infarction: Electrophysiological and Neuroimmune Mechanisms. *Biomedicines*, *13*(6), 1290.
3. Peek, N., Hindricks, G., Akbarov, A., Tijssen, J. G., Jenkins, D. A., Kapacee, Z., ... & Dagres, N. (2024). Sudden cardiac death after myocardial infarction: individual participant data from pooled cohorts. *European heart journal*, *45*(43), 4616-4626.
4. Sid' E.V. The role of simulation training volunteers in preemption of the arrhythmic death. В материалах XV Всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю (Тернопіль, 17–18 трав. 2018 р.). Терноп. держ. мед. ун-т імені І. Я. Горбачевського. – Тернопіль : ТДМУ, 2018. – С. 509-510. DOI: 10.5281/zenodo.17392199
5. Goldovsky BM, Yurchak YV, Sid EV. Predictive value of heart rate variability analysis in the diagnosis of fatal arrhythmias in patients with acute myocardial infarction. Emergency Medicine. 2014; 6(53): 109-113. [in Ukrainian]. DOI: 10.22141/2224-0586.3.58.2014.83288
6. Тащук 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. DOI: 10.24061/1727-4338.XIX.2.72.2020.8
7. Schmidt, G., Malik, M., Barthel, P., Schneider, R., Ulm, K., Rolnitzky, L., ... & Schömig, A. (1999). Heart-rate turbulence after ventricular premature beats as a predictor of mortality after acute myocardial infarction. *The Lancet*, *353*(9162), 1390-1396.
8. Fushtey I., Mohamed Fedi, Sid' Y. Prospects for assessment of heart rate turbulence as a predictor of fatal arrhythmias in patients after acute myocardial infarction. Cardiology in Belarus. 2016;8(2):237-243. DOI: 10.5281/zenodo.17713263

9. van Weperen, V. Y., Ripplinger, C. M., & Vaseghi, M. (2023). Autonomic control of ventricular function in health and disease: current state of the art. *Clinical Autonomic Research*, *33*(4), 491-517.
10. Фуштей ІМ, Голдовский БМ, Мохамед Ф, та ін. Перспективи оцінки турбулентності серцевого ритму як предиктора фатальних аритмій у пацієнтів після гострого інфаркту міокарда. Emergency Medicine. 2016; 74 (3): 121-125. DOI: 10.22141/2224-0586.3.74.2016.77557
11. Lombardi, F., & Stein, P. K. (2011). Origin of heart rate variability and turbulence: an appraisal of autonomic modulation of cardiovascular function. *Frontiers in physiology*, *2*, 95.
12. Steinberg, J. S., Varma, N., Cygankiewicz, I., Aziz, P., Balsam, P., Baranchuk, A., ... & Piotrowicz, R. (2017). 2017 ISHNE-HRS expert consensus statement on ambulatory ECG and external cardiac monitoring/telemetry. *Heart rhythm*, *14*(7), e55-e96.
13. Blesius, V., Schoelzel, C., Ernst, G., & Dominik, A. (2020). HRT assessment reviewed: a systematic review of heart rate turbulence methodology. *Physiological Measurement*, *41*(8), 08TR01.
14. Disertori M, Masè M, Rigoni M, et al. (2016). Heart rate turbulence is a powerful predictor of cardiac death and ventricular arrhythmias in postmyocardial infarction and heart failure patients: a systematic review and meta-analysis. *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*, *9*(12), e004610.
15. Tashchuk VK, Amelina TM, Malinevska-Biliychuk OV, et al. Heart rate turbulence: hrto/hrts indicators and innovative calculations of the precision cardiology model in data analysis software. Bukovinian Medical Herald. 2025;29(2(114)):3-10. DOI: 10.24061/2413-0737.29.2.114.2025.1