

КОВАЛЕНКО С.О., ЦИГАННИК Р.А.

**Аритмії, шумові явища, наявність тренду та хвильова структура
серцевого ритму**

*Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького,
м. Черкаси*

Анотація. Здійснювали спектральний аналіз отриманих в 5-хвилинних записах на 92 особах та згенерованих часових рядах тривалостей інтервалів RR. З'ясовані впливи аритмій, тренду та шумових явищ на хвильову структуру серцевого ритму.

Ключові слова: варіабельність серцевого ритму, аритмії

Вступ. В реальних умовах запису кардіоінтервалограм на цей процес можуть впливати як екзогенні, так і ендогенні чинники, що спотворюють чи вносять певну помилку у кінцевий результат. До екзогенних чинників можна віднести наявність артефактів, що обумовлені рухами вимірюваного, м'язовим тремором, мережевою наводкою, нестационарністю стану організму [1]. До ендогенних – наявність аритмій різного походження [5, 4]. Крім цього, суттєвий вплив на розрахунки показників параметрів регуляторних ритмів гемодинаміки можуть мати трансформації часового ряду, що здійснюються перед спектральним аналізом.

Мета та завдання дослідження. Дослідити вплив такого роду чинників на спектрограму серцевого ритму.

Матеріал і методи дослідження. Здійснювали аналіз 5-хвилинних кардіоінтервалограм записаних у 92 здорових людей в положенні лежачи. Крім цього генерували часові ряди з сигналами відомої амплітуди та частоти у електронних таблицях Excel та наступною їх обробкою у програмі “Caspico” [2].

Генерацію синусоїдальних сигналів здійснювали наступним чином. У першому стовпчику таблиці Excel будували часовий ряд з проміжком між значеннями, що розраховували за формулою:

$$\Delta t = 2 * \pi * f,$$

де Δt – проміжок між значеннями часового ряду,

π – заокруглене до 15 знаків після коми число 3.14159265358979,

f – частота генерованого сигналу (Гц).

Далі знаходили значення \sin кожного елемента часового ряду. Таким чином отримували ряд з розмахом від -1 до 1 з хвилиною заданої частоти.

Зрозуміло, що варіативність такого ряду не відповідає варіативності ряду тривалостей кардіоінтервалів отриманого при запису на людині. Для приближення параметрів отриманого ряду до реальних (в мс) ділили кожен його елемент на 10, додавали до нього 1 та перемножували отримане значення на 1000. Середнє значення згенерованого ряду складає 999,94, стандартне відхилення – 70.63, дисперсія – 4989,885.

Результати дослідження та їх обговорення. Першим чинником, що впливає на результати аналізу ВСР, є наявність аритмій чи артефактних

значень, обумовлених впливом екзогенних факторів. Важливим є питання, яке відхилення від попереднього значення часового ряду можна вважати артефактним чи аритмією. Для з'ясування цього нами будувались гістограми розподілу різниць між сусідніми RR-інтервалами у 92 осіб в положенні лежачи (рис.). З усього аналізованого масиву 106 значень дорівнювали 0 (точність представлення даних до десятої частки мілісекунди). Тому ці значення розподілили порівну між суміжними діапазонами. Найбільша частка – 70,9% всього масиву знаходилась у діапазонах від –50мс до 50 мс. У діапазоні від –100 мс до 100 мс знаходилось 90,6% значень. Звертає на себе увагу те, що починаючи з різниць між RR-інтервалами у 300 мілісекунд, розподіл стає дещо асиметричним. Так, відсоток значень більше за 300 мс складає –0,53%, а менше –300 мс – 0,14%. Цілком можливо це вказує на те, що різниця у 300 мс є характерною для аритмій з наявністю компенсаторної паузи. В такому випадку зрозуміло, що при наявності компенсаторної паузи позитивна різниця між сусідніми RR-інтервалами буде більшою, ніж від'ємна. Тому можна вважати різницю між тривалістю суміжних кардіоциклів більшу ніж 300 мс як наявність аритмії.

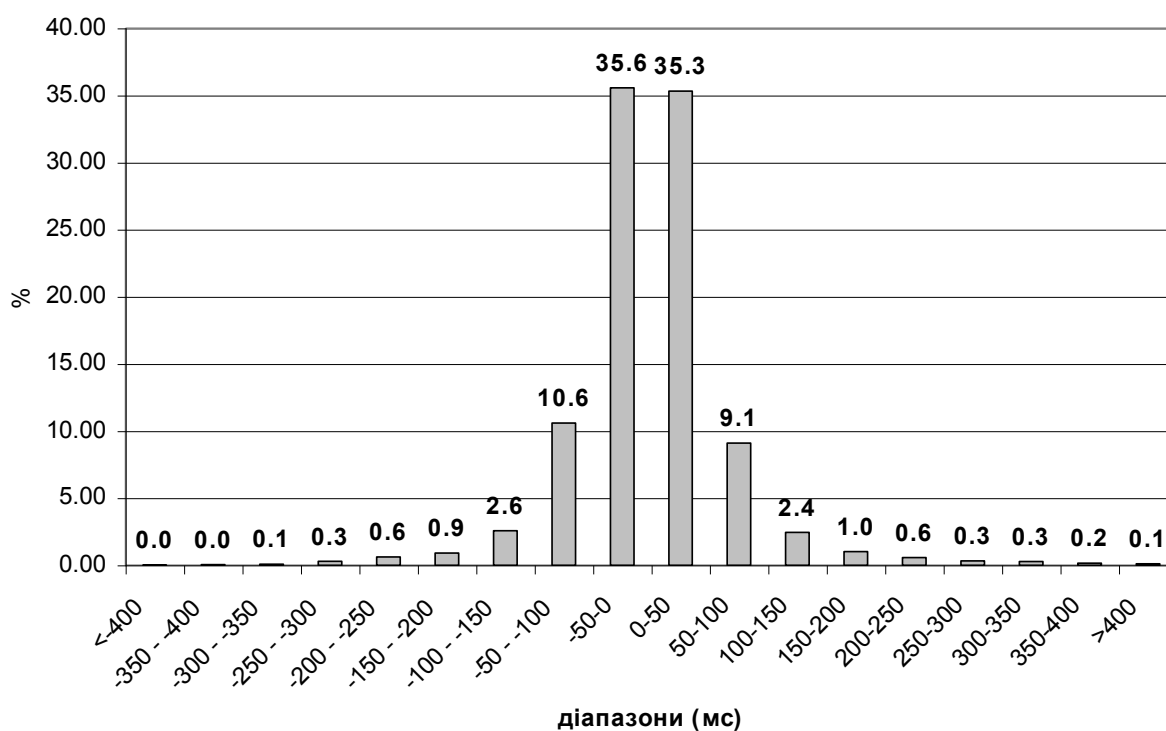


Рис. 1. Гістограма розподілу різниць між сусідніми RR-інтервалами по сумарним 5-хвилинним записам у 92 осіб в положенні лежачи (n=30831)

Ось чому для з'ясування впливу аритмій на результати спектрального аналізу до згенерованого часового ряду з хвилями на частотах 0,1Гц та 0,2Гц додаємо значення, котре на 30% більше від попереднього. В результаті (табл.) загальна потужність спектру збільшилась на 267 мс², з 10046мс² до 10313 мс², потужність у діапазоні 0,15-0,4Гц збільшилась на 307 мс², у діапазоні 0-0,04Гц – на 25 мс², а у діапазоні 0,04-0,15 Гц зменшилась на 65 мс². Отже наявність поодиноких аритмій буде збільшувати потужність в області високих частот.

Таблиця 1.

Результати спектрального аналізу еталонного сигналу з хвилями на частотах 0,1Гц та 0,2Гц та сигналів з додаванням артефакту, тренду та білого шуму

Спектральні вікна			
0-0,04 Гц	0,04-0,15 Гц	0,15-0,4 Гц	0-0,4 Гц
Еталонний сигнал			
1	4996	5049	10046
З додаванням артефакту			
26	4931	5357	10313
З додаванням тренду			
4815	5032	5000	14847
З додаванням білого шуму			
287	5572	6727	12586

Згідно міжнародних стандартів [5] загальноприйнятою є практика видалення аритмій та артефактів з ряду записів R-R-інтервалів. Існує три загальновизначені методи заповнення пропусків [3]. Це заповнення середнім значенням ряду, середнім сусідніх значень, обчислення виходячи з моделі ряду. Для даної задачі найбільш оптимальним є другий спосіб, оскільки всі сусідні елементи ряду в основному є пов'язаними. Видалення аритмій та артефактів з заповненням пропусків дозволить уникнути спотворення структури серцевого ритму.

Для з'ясування впливу наявності тренду на хвильову структуру часового ряду до стандартного згенерованого ряду додали лінійний тренд, побудований таким чином, що від медіанного значення часового ряду до кожного наступного члена додали 1, а від кожного попереднього – відняли. Загальна потужність спектру отриманого ряду склала 14847 мс², потужність у діапазоні 0-0,04 Гц – 4815 мс², 0,04-0,15 Гц – 5032 мс², 0,15-0,4 Гц – 5000 мс². Таким чином, наявність тренду збільшує потужність спектру в області дуже низьких частот, не впливаючи на хвильову структуру спектру в інших вікнах. Разом з тим, процедура видалення тренду може впливати на оцінку спектру.

Наступним етапом аналізу було з'ясування того, наскільки впливають на структуру серцевого ритму шумові явища. Для вирішення цього до стандартного ряду додавали часовий ряд з “білим” шумом нормального розподілу з стандартним відхиленням 50, згенерований за допомогою генератора випадкових чисел Excel.

В результаті загальна потужність аналізованого ряду склала 12586 мс², потужності в різних діапазонах збільшувались пропорційно ширини цього діапазону. Зрозуміло, що при спектральному аналізі часового ряду з наявністю шуму графік спектральної потужності буде пропорційно підніматися від осі абсцис. Тому як один з способів зменшення впливу шуму на результати спектрального аналізу можна запропонувати приближення цього графіку до цієї осі.

Висновки:

1. За допомогою аналізу гістограми часових різниць проміжків між середніми кардіоінтервалами запропоновано вважати аритміями проміжок у 300 мс.
2. Про аналізі згенерованих часових рядів кардіоінтервалів показано, що поодинокі аритмії не збільшують потужність спектру серцевого ритму у діапазоні високих частот.
3. Наявність тренду збільшує потужність спектру в області дуже низьких частот, не впливаючи на хвильову структуру спектру в інших вікнах. Разом з тим, процедура видалення тренду може впливати на оцінку спектру.
4. При спектральному аналізі часового ряду з наявністю шуму графік спектральної потужності буде пропорційно підніматися від осі абсцис. Один з способів зменшення впливу шуму на результати спектрального аналізу можна запропонувати приближення цього графіку до цієї осі.

Перспективи подальших досліджень. Вбачаються у подальшому аналізі згенерованих з урахуванням різноманітних чинників часових рядів серцевого ритму

Література

1. Коваленко С. О. Характеристика та теоретичні основи методів аналізу варіабельності серцевого ритму / С. О. Коваленко // Український журнал медицини, біології та спорту. - 2017. - № 2. - С. 223-233
2. Коваленко С.О., Яковлев М.Е. Комп'ютерна програма для реєстрації та аналізу ритму серця і дихання („CASPICO”). Авторське свідоцтво України №11262 – 54 с. – Укр.. – Деп. в УААСП 4.10.2004. – Реф. у офіційному бюлетені „Авторське право і суміжні права” – 2005. - №6. – С.338.
3. Марпл С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / С.Л. Марпл / Пер. с англ. О.И. Хабарова, Г.А. Сидоровой; Под ред. И.С. Рыжака. - М.: Мир, 1990. - 584 с.
4. Хаютин В.М. Спектральный анализ колебаний частоты сердцебиений: физиологические основы и осложняющие его явления / В.М.Хаютин, Е.В.Лукошкова // Рос. физиол. журн. - 1999. - Т. 85, №7. - С.893-909.
5. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability / Standards of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use // Circulation. - 1996. - V. 93. - P. 1043-1065.