

С.О Коваленко

## Аналіз варіабельності серцевого ритму за допомогою методу медіанної спектрограми

*Проведен анализ вариабельности сердечного ритма методами медианной (построенной по нескольким реализациям) и традиционной спектрограммы в группах людей с различной физической подготовленностью и при ортопробе. Показано, что медианная спектрограмма более точно характеризует изменения волновой структуры вариабельности сердечного ритма, чем традиционная с разделением спектра на три стандартных окна.*

### ВСТУП

Спектрограмний метод аналізу варіабельності серцевого ритму – це один з найсучасніших методів вивчення його хвильової структури [5]. Згідно з міжнародними стандартами, прийнятими Європейським кардіологічним товариством у 1996 р. [7], за спектрограмою серцевого ритму знаходять потужність спектра у діапазонах від 0 до 0,04 Гц (VLF – дуже повільні хвилі), 0,04–0,15 Гц (LF – повільні хвилі) та 0,15–0,4 Гц (HF – високочастотні хвилі). HF відображає вплив на тривалість кардіоінтервалів парасимпатичної ланки вегетативної нервової системи, LF – переважно симпатичної її ланки. Однак не завжди такий поділ показує реальний стан вегетативного тону [4]. Разом з тим для серцевого ритму здорової людини властива суттєва хаотичність і тому для визначення індивідуальних характеристик спектра бажано було б проводити його оцінку за декількома записами. У зв'язку з цим у нашій роботі розглянуті питання методики та аналізу медіанної (побудованої за декількома реалізаціями) спектрограми серцевого ритму.

### МЕТОДИКА

Обстежено студентів вузів віком від 17 до 22 років, які займалися циклічними видами

спорту (28 осіб) та, які не займалися спортом (74 особи). Здійснювали 5–10-хвилинні записи диференційованої електрокардіограми, за допомогою біопідсилювача РА-5-01, пневмограми від п'єзоелектричного датчика, розташованого перед ніздрями носа. Сигнали цифрували через АЦП ADC-1280 (Holit Data Systems) і записували на жорсткий диск комп'ютера. Первинний аналіз записів зроблено у програмі "Bioscap"[2]. Тривалість кардіоінтервалів знаходили як відстань між найвищими точками сусідніх зубців R електрокардіограми, спіроінтервалів – між точками початку вдиху. Спектральний аналіз отриманих кардіоінтервалограм і статистичний аналіз спіроінтервалограм проводили у програмі "Caspico"(а/с України №11262). При цьому визначали потужність спектра у діапазоні 0–0,04 Гц (VLF), 0,04–0,15 Гц (LF), 0,15–0,4 Гц (HF), показник співвідношення LF/HF, нормалізований показник HF (HF<sub>норм</sub>), що обчислювали за формулою:

$$HF_{норм} = HF/(HF+LF) \cdot 100 \%$$

Медіанну спектрограму будували наступним чином. Індивідуальні спектрограми розбивали на 50 вікон шириною 0,01 Гц, в яких визначали потужність спектра. За індивідуальними результатами будували таблицю та визначали медіану потужності спектра у кожному з вікон. За цими медіа-

нами і будували графік. Оцінку центральної тенденції вибірок здійснювали за медіаною. Ось чому і вірогідність різниць між показниками потужності спектра у різних групах і при різних впливах визначали за непараметричним Н-критерієм Краскела-Уоліса у програмі Statistica для Windows 5.0.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Об'єктивним критерієм оцінки будь-якого методу аналізу, що застосовується у біології та медицині, є найбільш точне та детальне відображення інформації, яка стосується досліджуваного об'єкта. З цієї позиції більш доцільно розглядати використання запропонованого методу на реальних записах кардіоінтервалограм, які зроблені в умовах чи на групах осіб, що суттєво відрізняються, і ці відмінності вже досить добре вивчені. Відомо, що особи, котрі займаються циклічними видами спорту мають вищу варіативність серцевого ритму, ніж особи, які не займаються спортом [6, 8]. У табл. 1 представлено показники спектрального аналізу серцевого ритму у обстежених студентів, (Міжнародний стандарт 1996 р.).

Достовірно у цих двох групах розрізнялася тільки потужність хвиль низької частоти. У спортсменів потужність спектра у всіх інших діапазонах також була дещо вищою, але невірогідно. Слід відзначити, що співвідношення LF/HF у спортсменів було вищим, а показник HFнорм – нижчим порівняно з особами, котрі не займалися спор-

том. Це за стандартами може свідчити про те, що у останніх більше переважання тону парасимпатичної ланки вегетативної нервової системи. Водночас загальноприйнято, що у осіб, котрі виконують великий обсяг вправ аеробного характеру у спокої тонус парасимпатичної ланки вегетативної нервової системи вищий, ніж у нетренованих людей. Такі розбіжності отриманих нами результатів з літературними даними можуть пояснюватися недостатньою точністю методу.

Медіанні спектрограми спортсменів і осіб, які не займалися спортом (рис. 1), дозволили уточнити хвильову структуру серцевого ритму, а також виявили джерела помилок класичного підходу.

Так, потужність спектрограми спортсменів у діапазоні від 0,04 до 0,24 Гц була дещо вищою за таку у осіб, котрі не займалися спортом. Достовірними були відмінності на частотах 0,05, 0,08, 0,19 і 0,20. Водночас найбільші відмінності на частоті 0,14 Гц не були вірогідними. Потужність хвиль на частотах 0,05–0,1 Гц свідчить про вираженість хвиль, викликаних коливаннями активності симпатoadrenalової системи, а на частотах 0,19–0,20 Гц – парасимпатичної ланки вегетативної нервової системи. Отже, у спортсменів вірогідно вища потужність хвиль викликаних як діяльністю симпатичної, так і парасимпатичної ланок вегетативної нервової системи. Походження піка медіанної спектрограми на частоті 0,14 Гц можна пояснити наступним. Відомо, що у спокої найбільший пік

Таблиця 1. Показники спектрального аналізу серцевого ритму у спортсменів та осіб, що не займаються спортом, у стані спокою лежачи (медіана; межі верхнього, нижнього кватилів)

Показник	Спортсмени	Особи, які не займалися спортом
Потужність спектра кардіоінтервалограм у діапазоні 0,04–0,15 Гц (LF), мс <sup>2</sup>	1082(618;3581)	691(401;1221)*
Потужність спектра кардіоінтервалограм у діапазоні 0,15–0,4 Гц (HF), мс <sup>2</sup>	1541(815;2989)	1160(675;2120)
LF/HF	0,84(0,52;1,53)	0,57(0,42;0,93)

\* P<0,01.

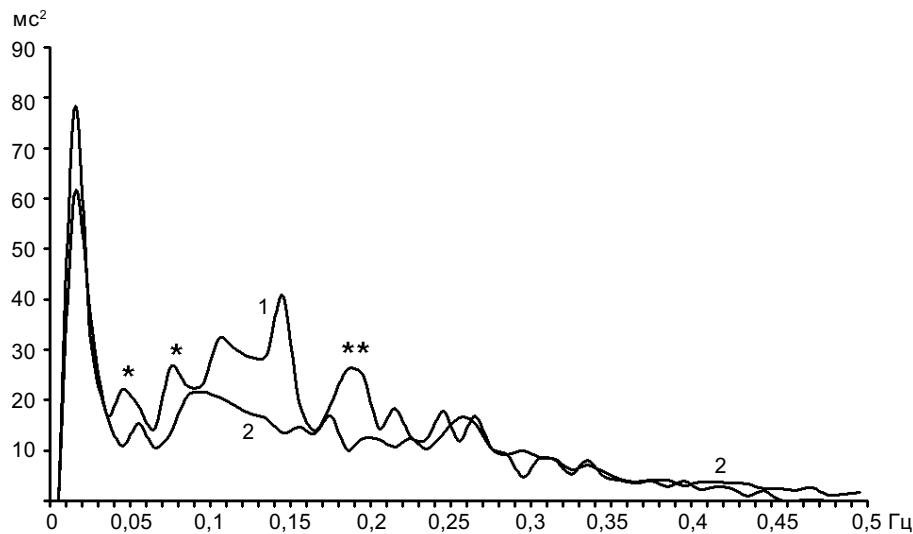


Рис. 1. Медіанна спектрограма спортсменів (1) та осіб, що не займаються спортом (2) у стані спокою лежачи. \* P<0,05

спектрограми у зоні високих частот збігається з модою частоти дихання. При співвідношенні тривалості спіроциклу до кардіоциклу більше ніж 6,66 цей пік виходить з межі 0,15 Гц у більш низькі частоти. У спортсменів пропорція осіб із співвідношенням більшим за 6,66 становила 29,2 %, а у осіб, котрі не займалися спортом – 7,79 %. Таким чином, пік спектрограми на частоті 0,14 Гц у спортсменів зумовлений впливом дихання. Тому деякі автори [3] і пропонують розраховувати потужність у зоні високих частот від піку спектрограми, спричиненого впливом дихання.

Отже, метод медіанної спектрограми дозволяє більш детально та точно оцінювати хвильову структуру серцевого ритму, ніж класичний загальноприйнятий підхід у групах осіб з різним рівнем рухової актив-

ності. Також відомо [1], що збільшення числа вікон для кількісного аналізу спектрограми покращує його якість.

Цікавим було з’ясувати наскільки інформативним запропонований метод виявиться в оцінці змін хвильової структури при навантаженнях. У табл. 2 представлено показники варіативності серцевого ритму (за Стандартами) у осіб, які не займаються спортом, у спокої лежачи та при ортопробі. Так, потужність у діапазоні низьких частот при такому впливі вірогідно підвищувалася, а в ділянці високих частот – знижувалася. Відповідно змінювались індекси вегетативної рівноваги – збільшення співвідношення LF/HF і зниження HFнорм. Це свідчить про посилення впливу симпатичної ланки вегетативної нервової системи на серцевий ритм.

З аналізу медіанної спектрограми (рис. 2)

Таблиця 2. Показники спектрального аналізу варіативності серцевого ритму у спокої лежачи та при ортопробі (медіана; межі верхнього, нижнього кватилів)

Показник	Лежачи	Стоячи
Потужність спектра кардіоінтервалограми у діапазоні 0,04–0,15 Гц (LF), мс <sup>2</sup>	691(401;1221)	1029(502;1592)*
Потужність спектра кардіоінтервалограми у діапазоні 0,15–0,4 Гц (HF), мс <sup>2</sup>	1160(675;2120)	362(138;607)*
LF/HF	0,57(0,42;0,93)	2,81(1,73;5,35)*

\* P<0,001.

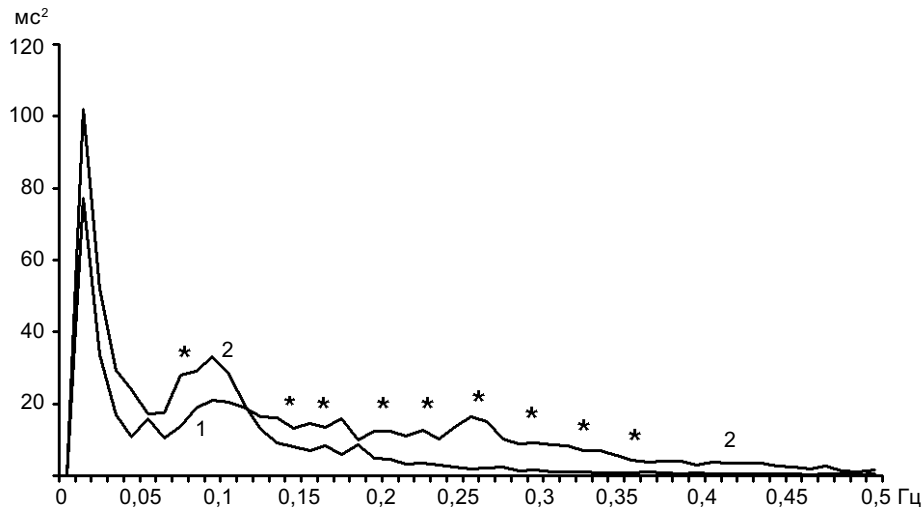


Рис. 2. Медіанна спектрограма в спокої лежачи (1) та при ортопробі (2)

видно, що на частоті 0,08 Гц потужність спектра у положенні стоячи була достовірно вища, а починаючи з 0,15 Гц до 0,38 Гц нижча, ніж у спокої лежачи. Найбільший підйом спектрограми на частоті 0,11 Гц при ортопробі не був статистично достовірним. Цей підйом знову ж, як і в попередньому прикладі, може бути зумовлений дихальними хвилями. Так, частка осіб із співвідношенням тривалості спіро- до кардіоциклу більше ніж 6,66 у положенні стоячи становила 30,6 %.

Таким чином, аналіз реактивності серцевого ритму на ортопробу за традиційною методикою буде вказувати на істотніше збільшення потужності симпатичних хвиль, ніж за запропонованим способом. Метод медіанної спектрограми є більш точним і детальним для аналізу хвильової структури серцевого ритму, ніж традиційний з поділом спектра на три стандартних вікна.

**S.O. Kovalenko**

#### **ANALYSIS OF THE HEART RHYTHM VARIABILITY BY THE MEDIAN SPECTROGRAM METHOD**

The analysis of the heart rhythm variability (HRV) with the methods of median (built according to some realizations) and

*Черкас. ун-т ім. Богдана Хмельницького*

traditional spectrogram was carried out in groups of people with different physical conditions and with tilt test. It was shown that median spectrogram characterize the changes of the HRV wave structure more precise than the traditional one with spectrum division into three standard windows.

*Cherkasy Bogdan Khmelnytskyi National University*

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Данилова Н.Н. Сердечный ритм и информационная нагрузка // Вестн. Моск. ун-та. – 1995. – Сер. 14. (Психология). – № 4. – С. 14–27.
2. Коваленко С.А., Кушниренко А.Е. Программная система определения показателей кардиодинамики в различных фазах дыхательного цикла // Кибернетика и вычислит. техника. – 1999. – Вып. 124. – С. 92–98.
3. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения метода. – Иваново, 2000. – 200с.
4. Хаютин В.М., Лукошкова Е.В. Колебания частоты сердцебиений: спектральный анализ // Вестн. аритмологии. – 2002. – № 26. – С. 10–18.
5. Akselrod S., Gordon D., Ubel F.A. et al. Power spectrum analysis of the heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat to beat cardiovascular control // Science. – 1981. – 213. – P. 220–222.
6. Andre E., Seps B., Beckers F. Heart rate variability in athletes // Sport Med. – 2003. – 33, №12. – P. 889–919.
7. Heart rate variability. Standatds of Measurement, Physiological interpretation and clinical use // Circulation. – 1996. – 93. – P. 1043–1065.
8. Pichot V., Roche F., Gaspoz J.M. et al. Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners // Med. Sci Sports Exerc. – 2000. – 32. – P. 1729–1736.

*Матеріал надійшов до редакції 24.12.2004*