

УДК: 611

Зулкарнеев Ш.Р.

## ПРИМЕНЕНИЕ АППРОКСИМИРОВАННОЙ ЭНТРОПИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У БОЛЬНЫХ ХОБЛ

**Научный руководитель – д.м.н., профессор Н.Ш. Загидуллин**

Башкирский государственный медицинский университет, г. Уфа

Аппроксимированная энтропия (ApEn) является сравнительно новым показателем нелинейной динамики, позволяющим оценить степень упорядоченности, регулярности последовательностей или процессов. В медицине он может применяться для анализа ЭЭГ, вариабельности сердечного ритма (ВСР) и других функциональных показателей при различных заболеваниях и патологических состояниях. В этом исследовании проведена сравнительная оценка ApEn ВСР у больных ХОБЛ и здоровых обследуемых. В группе ХОБЛ уровни ApEn ВСР были существенно ниже, чем в группе контроля.

Вывод: в сравнении со здоровыми людьми у больных ХОБЛ сердечный ритм обладает более низким уровнем динамической сложности и, соответственно, более высоким уровнем регулярности, упорядоченности. Данная закономерность отражает процессы информационной изоляции сердца при ХОБЛ.

**Ключевые слова:** аппроксимированная энтропия, ВСР, ХОБЛ.

Zulkarneev Sh.R.

## ASSESSING HEART RATE VARIABILITY IN COPD PATIENTS USING APPROXIMATED ENTROPY

**Scientific supervisor — Doctor of Medical Sciences, Full Professor N.Sh. Zagidullin**

Bashkir State Medical University, Ufa

Approximated entropy (ApEn) is a relatively new indicator of nonlinear dynamics that allows one to assess the degree of order, regularity of sequences or processes. In medicine, it can be used to analyze EEG, heart rate variability (HRV) and other functional indicators in various diseases and pathological conditions. This study conducted a comparative assessment of ApEn HRV in patients with COPD and healthy subjects. In the COPD group, ApEn HRV levels were significantly lower than in the control group.

Conclusion: in comparison with healthy people, in patients with COPD, the heart rhythm has a lower level of dynamic complexity and, accordingly, a higher level of regularity and orderliness. This pattern reflects the processes of informational isolation of the heart in COPD.

**Keywords:** Approximated entropy, HRV, COPD.

Приближенная энтропия (англ. - Approximative Entropy, ApEn) – показатель нелинейной динамики процесса, позволяющий определить степень его хаотичности, или, с противоположной точки зрения, его регулярности, упорядоченности. В его основе лежит оценка повторяемости коротких, содержащих 2-3 отсчета, последовательных фрагментов в достаточно длинной временной последовательности. Чем чаще во временном ряду повторяются подобные короткие фрагменты, тем вся последовательность отсчетов является более регулярной, упорядоченной, и, соответственно, значение ApEn ниже [6]. В то же время временной ряд, в котором присутствует малое число повторяющихся фрагментов, отличается меньше регулярностью и большей хаотичностью с более высокой величиной ApEn [3].

В настоящее время наиболее часто данный метод применяется для анализа ЭЭГ, в частности для выявления стадии и глубины наркоза по степени регулярности импульсов головного мозга [2], для диагностики психических заболеваний, изучения воздействия психотропных препаратов на электрофизиологические процессы мозга [1]. Также АрЕп активно применяется в кардиологии для оценки вариабельности сердечного ритма (ВСР) [7]. В ходе некоторых исследований была выявлена тенденция к более регулярным, упорядоченным во времени сокращениям сердца при ряде заболеваний и патологических состояний. К примеру, у больных сахарным диабетом 2 типа сердечный ритм обладал более высокой упорядоченностью и регулярностью, и, соответственно, более низким уровнем АрЕп, по сравнению с контрольной группой [4,5].

### **Цель работы**

Оценка вариабельности сердечного ритма у больных ХОБЛ в сравнении с контрольной группой с помощью оценки приближенной энтропии АрЕп.

### **Материал и методы исследования**

Отбор участников исследования проводили в пульмонологическом и терапевтическом отделении ГБУЗ ГКБ №21 г. Уфа. Группа больных ХОБЛ включала 20 мужчин, средний возраст  $57 \pm 3,2$  г. Контрольная группа состояла из 20 клинически здоровых мужчин, средний возраст  $48 \pm 2,8$  лет. У обследуемых производилась запись ЭКГ в II отведении в цифровом формате в течение 10 мин. Далее при помощи экспериментального программно-аппаратного комплекса «Респикард» была измерена продолжительность последовательных интервалов R-R. Полученные временные последовательности кардиоинтервалов были проанализированы с помощью программного пакета MatLab EZEntropy (1.4), в результате получены значения приближенной энтропии АрЕп для каждой записи ЭКГ. Для описания и сравнения данных использована непараметрическая статистика. Данные приведены в виде «медиана [значение 25-го и 75-го перцентилей]. Статистическую значимость различий между группами определили с помощью U-критерия Уилкоксона-Манна-Уитни. Достоверными считались различия с  $p < 0,05$ .

### **Результаты и обсуждения**

На рис. 1 представлены величины АрЕп ВСР в группах ХОБЛ и контроля. В группе больных ХОБЛ медиана АрЕп составила 1,09 [0,78; 1,14], в контрольной группе - 1,23 [1,14; 1,30]. Полученные различия являются статистически значимыми,  $p=0,0005$ .

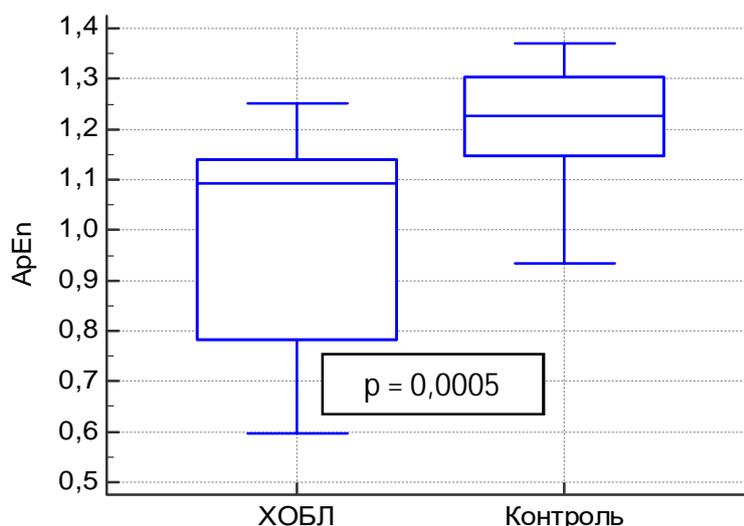


Рис. 1. Сравнение медиан значений ApEn в группе больных ХОБЛ и контроля.

В качестве иллюстрации ниже приведены графики ВСР у больного ХОБЛ (Рис.2) и у здорового человека (Рис.3), на которых отчетливо визуализируется более регулярный паттерн временных интервалов R-R у пациента с ХОБЛ.

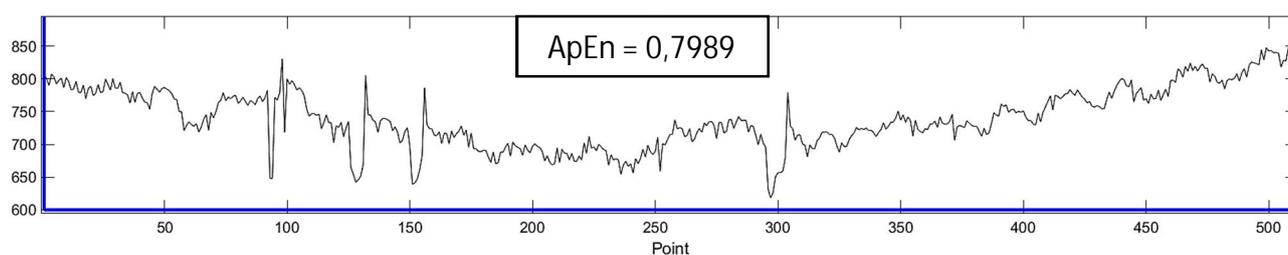


Рис. 2. График вариабельности сердечного ритма у больного ХОБЛ.

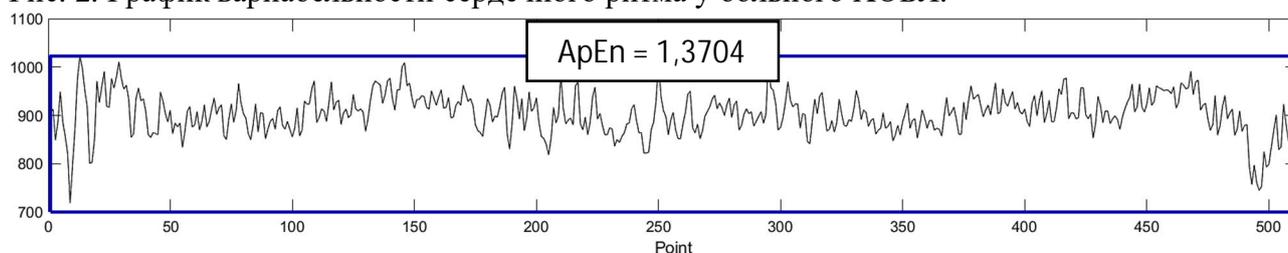


Рис. 3. График вариабельности сердечного ритма у здорового человека.

### Заключение и выводы

При помощи метода расчета ApEn нами было выявлено значимое повышение регулярности, упорядоченности динамики сердечного ритма у больных ХОБЛ по сравнению с контрольной группой. Аналогичные изменения ВСР при ХОБЛ были обнаружены ранее [6,7]. Считается, что причиной подобных изменений служит выраженная дисфункция нервно-рефлекторных и нейрогуморальных механизмов регуляции сердечного ритма при ХОБЛ, что имеет важное диагностическое и прогностическое значение. В целом ApEn является уникальным инструментом, позволяющим оценивать степень упорядоченности, регулярности

различных по своей природе физиологических процессов. К особенностям клинической оценки АрЕп как диагностического маркера, относят его не вполне специфичный, но весьма чувствительный характер при патологических сдвигах в организме. Необходимы дальнейшие исследования изменения АрЕп ВСР при различных нозологиях, в частности оценка изменений ВСР на ранних, субклинических стадиях заболеваний, что позволит проводить раннюю диагностику и своевременно принимать решение о начале лечения или вторичной профилактики.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Caliskan SG, Polatli M, Bilgin MD. Nonlinear analysis of heart rate variability of healthy subjects and patients with chronic obstructive pulmonary disease. J Med Eng Technol. 2018;42(4):298-305. doi:10.1080/03091902.2018.1491650 6
2. Kim J, Yum MK, Kim HS, Kim JT, Kim CS, Kim SD. Measuring depth of anesthesia with EEG and ECG in children. Korean J Anesthesiol. 2009;57(1):56-61. doi:10.4097/kjae.2009.57.1.56 3
3. Mazzuco A, Medeiros WM, Sperling MP, et al. Relationship between linear and nonlinear dynamics of heart rate and impairment of lung function in COPD patients. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis. 2015;10:1651-1661. Published 2015 Aug 17. doi:10.2147/COPD.S81736 7
4. Pincus SM, Goldberger AL. Physiological time-series analysis: what does regularity quantify?. Am J Physiol. 1994;266(4 Pt 2):H1643-H1656. doi:10.1152/ajpheart.1994.266.4.H1643 1
5. Pincus SM. Approximate entropy as a measure of irregularity for psychiatric serial metrics. Bipolar Disord. 2006;8(5 Pt 1):430-440. doi:10.1111/j.1399-5618.2006.00375.x 4
6. Richman JS, Moorman JR. Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy. Am J Physiol Heart Circ Physiol. 2000;278(6):H2039-H2049. doi:10.1152/ajpheart.2000.278.6.H2039 2
7. Wu HT, Lee CY, Liu CC, Liu AB. Multiscale cross-approximate entropy analysis as a measurement of complexity between ECG R-R interval and PPG pulse amplitude series among the normal and diabetic subjects. Comput Math Methods Med. 2013;2013:231762. doi:10.1155/2013/231762 5

#### *Сведения об авторе статьи:*

**Зулкарнеев Шамиль Рустэмович** – студент 5 курса лечебного факультета ФГБОУ ВО Башкирский государственный медицинский университет, г. Уфа, ул. Ленина 3. e-mail: zulkarneev.shamil@gmail.com