

Intervention / Xiao-Fang Tang [et al.] // Front Endocrinol (Lausanne). – 2022. – Vol. 13. – P. 162-171.

5. High Uric Acid Levels in Acute Myocardial Infarction Provide Better Long-Term Prognosis Predictive Power When Combined with Traditional Risk Factors / Soohyun Kim, Byung-Hee Hwang [et al.] // J Clin Med. – 2022. – Vol. 19. – P. 5531-5539.

6. The effect of serum uric acid levels on the long-term prognosis of patients with non-ST-elevation myocardial infarction / Ł. Kuźma [et al.] // Adv Clin Exp Med. – 2020. – Vol. 29. – P. 1255-1263.

УДК 616.12-008.318-07

НЕСТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА СЕРДЕЧНОГО РИТМА: ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Лоллини В.А.¹ Науменко А.А.², Лоллини С.В.¹

¹Витебский государственный ордена медицинский университет,
г. Витебск, Республика Беларусь;

²Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь

Информационная ценность статистических методов для обработки сердечного ритма и их специфичность невысока. Парадокс этого факта состоит в том, что человеческий организм не является средой, которая генерирует случайные события или случайные процессы. Относительные же успехи статистического подхода к изучению сердечно-сосудистой системы (ССС) объясняются тем, что названный подход приводит к усредненным наиболее вероятным значениям наблюдаемых характеристик, имеющих уже неслучайный характер. То, что при этом нивелируется весь массив мгновенных значений наблюдаемой характеристики, по которым определяются ее усредненные значения, во внимание не принимается. Между тем, информативность такого массива несомненна, так как каждый его элемент является отображением текущего и отнюдь не случайного состояния ССС. Основная задача анализа R-R интервалов предполагает изучение вопроса о параметрах системы, создавшей этот ряд - размерности, энтропии и др. Размерность же, является оценкой фрактальной размерности и частным случаем обобщенной вероятностной размерности аттрактора систем [1]. Поэтому, на наш взгляд, есть достаточные основания привлечь иные подходы к изучению этой системы и, в частности, сердечного ритма. В основе большинства методов, связанных с обработкой временных рядов, лежит использование многомерного представления временного ряда.

В последние десятилетия разработаны новые методы, обогатившие современную нелинейную теорию динамических систем (ДС), крупным достижением которой является открытие **превалирования** неустойчивостей. Именно анализ устойчивости ДС представляется ключевым при ее диагностике, прогнозировании состояний, управлении ею, целесообразности трансформаций ее структуры, а также в решении множества других задач. Превалярование неустойчивостей означает, что возникшие малые изменения параметров системы с течением времени могут самопроизвольно усиливаться [2], приводя систему к потере устойчивости, т.е. к внезапному переходу в другой режим. Потенциальные

предпосылки такого эффекта связаны с существованием притягивающего множества установившихся режимов движения системы в фазовом пространстве. Такие режимы получили название аттракторов [2, 3].

Построенная в начале 70-х годов XX века теория катастроф [2], позволила понять, что корректный ответ на вопрос об устойчивости системы возможен лишь тогда, когда установлен факт существования и тип аттрактора. Главной характеристикой аттрактора является размерность. Под размерностью аттрактора понимается размерность того фазового пространства, в котором он существует. Оценка размерности аттрактора имеет важное, а порой и принципиальное значение. Отсюда следует, что анализ системы на устойчивость может раскрыть не лежащие на поверхности явления особенности связей ее параметров, а также выяснить, сколько из них «отвечают» за устойчивость системы и при каких сочетаниях их значений система обнаруживает это важное качество. Это имеет особое значение при оценке устойчивости сердечного ритма и прогнозе развития жизненно опасных аритмий.

Во многих случаях анализ аттракторов системы можно осуществлять по фазовому портрету, для построения которого разработаны **безмодельные** способы идентификации аттракторов [2].

Применительно к ССС человека это может быть величина RR интервала, содержащая интегральную информацию всех характеристик сердечного ритма. Кроме того, как показано в работе [2], информативность одномерного временного ряда определяется не только тем, в какой мере в значениях выбранного параметра отражается действие факторов, определяющих динамику системы, но еще и тем как распорядиться элементами этого ряда.

Рассмотрим фазовые портреты сердечного ритма двух пациентов, построенные по последовательностям значений RR интервалов, соответствующих интервалу времени равному 24 часам. На рисунке 1 представлен фазовый портрет, который свидетельствует о наличии у ССС этого пациента аттрактора. Он представлен единственной компактной группой точек, что соответствует состоянию «норма» ССС. В соответствии с вышесказанным в формировании портрета участвуют все значения R-R, образующие исходную последовательность. Единственное компактное сгущение этих точек указывает на устойчивость сердечного ритма данного пациента.

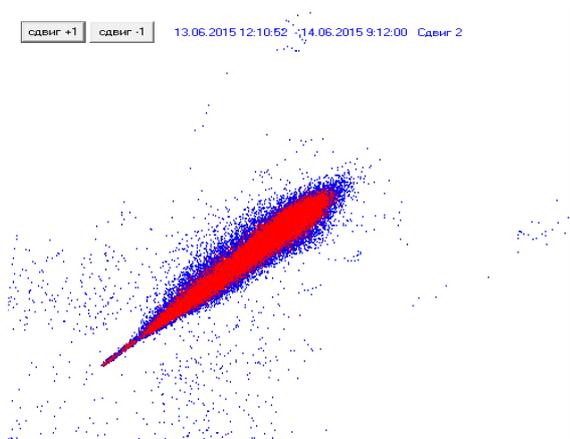


Рисунок 1 – Фазовый портрет ВСП пациента с нормальным сердечным ритмом

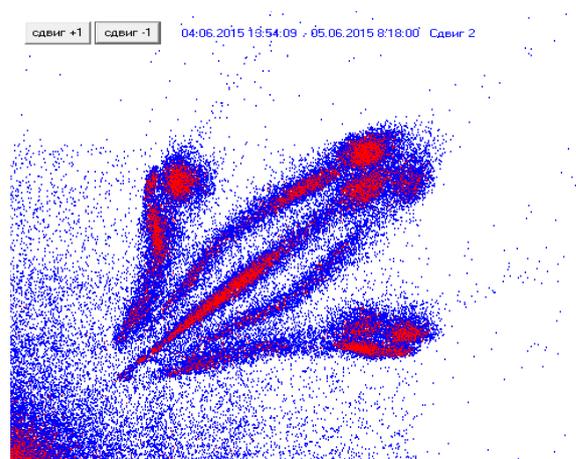


Рисунок 2 – Фазовый портрет ВСП пациента с политопной желудочковой экстрасистолией

Совершенно иную картину мы видим на рисунке 2. На нем фазовый портрет содержит несколько областей сгущений точек, что свидетельствует о существенной неустойчивости сердечного ритма в виду потенциально возможных скачкообразных изменений RR. Характер распределения областей сгущений указывает на крайнюю неравномерность ритма сердца, а в целом – на неустойчивость и явное наличие условий для возникновения угрожающих жизни аритмий. Если на рисунке 1 обращает на себя внимание относительно небольшое число точек вне аттрактора, то, напротив, на рисунке 2 фазовый портрет демонстрирует аномально значимое число таких точек. Подобная картина характерна для систем с несколькими разными, независимыми друг от друга водителями ритма. Такие факты невозможно установить при статистических методах анализа функционирования ССС, связанных с применением усредненных оценок, а значит с отказом от рассмотрения деталей. Представленные примеры демонстрируют это вполне убедительно. В этом и состоит принципиальная ценность предлагаемого подхода к оценке состояния ССС. Кроме того, предлагаемый подход фактически расширяет возможности электрокардиографического метода исследования, который в настоящее время является одним из самых распространенных в клинической практике.

Важным преимуществом предлагаемого подхода к анализу ритма является отсутствие необходимости иметь какие-то особые данные или данные, получаемые особыми методами. Подобный анализ может быть проведен с использованием временных рядов значений любого параметра системы, обладающего достаточным уровнем полноты отображения интересующих нас свойств этой системы. Поэтому предлагаемый подход вполне универсален.

Все, изложенное выше, указывает на то, что оценка устойчивости ССС путем анализа их состояния в фазовом пространстве позволяет видеть и прогнозировать особенности их динамики, делающими видимыми различия в важных интегральных свойствах систем, которые недоступны при статистическом подходе.

Литература:

1. Ардашев А. В. Практические аспекты современных методов анализа вариабельности сердечного ритма / А. В. Ардашев, А. Ю. Лоскутов. // Медпрактика-М. – М., 2010. – 125 с.
2. Николис Г. Познание сложного / Г. Николис, И. Пригожин. – Мир – М., 1990. – 342 с.
3. Томпсон, Дж. Неустойчивости и катастрофы в науке и технике / Дж. Томпсон. – Мир – М., 1985. – 256 с.