

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ МЕТОДОВ К АНАЛИЗУ СЕРДЕЧНОГО РИТМА

Койчубеков Б.К., Кулмагамбетов И.Р

Карагандинская государственная медицинская академия, кафедра медицинской биофизики и информатики, г. Караганда

Исследование нелинейно-динамических систем проводится на основе изучения фазовых траекторий (аттракторов), построенных в n -мерном пространстве, посредством длительного во времени измерения одного признака. Аттракторы характеризуются рядом показателей, среди которых наибольшее распространение получила *корреляционная размерность* (D_2), которая является «емкостной» характеристикой аттрактора и отражает ту часть общего объема пространства, которую занимает аттрактор. Она позволяет измерить сложность динамики системы.

Механизмы возникновения «хаотической» составляющей в динамике сердечного ритма пока еще недостаточно ясны. Некоторые авторы связывают ее с активностью парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, согласно другим данным - это результат сложных взаимодействий нервных и гуморальных регуляторов частоты сердечных сокращений.

Последнее частично подтверждается при совместном анализе линейных (LF/HF , $RMSSD$) и нелинейных (D_2) характеристик вариационного ряда кардиоинтервалов в различных возрастных группах. С возрастом отношение LF/HF увеличивается, а показатель $RMSSD$ уменьшается, т.е. вегетативный баланс перемещается в сторону повышения активности симпатического отдела. Известно, что с возрастом происходит снижение функционального резерва организма и вступают в действие компенсаторные механизмы, роль которых выполняет симпатический отдел ВНС.

Согласно полученным нами результатам корреляционная размерность при переходе из одной возрастной группы в другую уменьшалась, указывая на то, что с возрастом динамика сердечного ритма становится более упорядоченной, более регулярной, менее «хаотичной». Если исходить из известной двухконтурной кибернетической модели регуляции сердечного ритма, то естественно было бы связать изменения D_2 с влияниями центрального, регулирующего контура, поскольку иерархические структуры стремятся к «порядку». В то же время изменения в динамике СР можно соотнести и с изменениями активности парасимпатического отдела; как уже указывалось $RMSSD$ также имеет тенденцию к снижению с возрастом. Однако, проведенный корреляционный анализ не позволил выявить значительных взаимосвязей между исследуемыми показателями.

Аналогичные результаты были получены при анализе вариабельности сердечного ритма у лиц одной возрастной группы, но с различным состоянием вегетативного баланса. При значительном сдвиге вегетативного баланса в сторону активности симпатического отдела, корреляционная размерность достоверно меньше, чем при сохранении баланса. Это еще раз подтверждает тот факт, что центральные влияния упрощают динамику сердечного ритма, т.е. он становится более регулярным. Но различия этих показателей между второй и третьей группой выявлены не были, при том, что отношение LF/HF в этих группах отличается более, чем в два раза. Т.е. сдвиг вегетативного баланса в сторону парасимпатического отдела не приводит к росту «хаотичности» в последовательности R-R-интервалов.

Важным условием пластичности и адаптивных возможностей физиологической системы является наличие определенного количества степеней свободы. Дисперсия величин, наряду с изменениями средних показателей меняющихся физиологических процессов, отражает механизм приспособления организма к меняющимся условиям среды. Считается, что чем больше разброс инвариант, тем легче происходит адаптация. Известно, что консервативные системы с жесткой структурой менее управляемы, соответственно, труднее подстраиваемы к новым условиям. Комбинация управляемости и пластичности, по мнению многих исследователей, является причиной того, что хаотическая динамика является характерным типом поведения для жизненно важных подсистем живых организмов.

Этот тезис нашел свое наглядное подтверждение при анализе сеансов биоуправления с обратной связью, проведенных с целью нормализации ряда параметров, характеризующих вегетативную регуляцию сердечного ритма, - индекса напряжения (ИН) и процентного содержания дыхательных волн колебаний СР (HF%).

При исходно высоких значениях корреляционной размерности биоуправление проходило с большей эффективностью, индекс напряжения монотонно снижался от сеанса к сеансу (рис.1А, Б). При более низких значениях D_2 до сеансов БУ динамика регулируемого параметра носила колебательный характер (рис.1Г, Д), в процессе биоуправления ИН то повышался, то понижался. Но в том и в другом случае положительный результат был достигнут.

Рисунок 1. Динамика показателей сердечного ритма в ходе сеансов биоуправления (каждый сеанс состоял из трех подходов)

Анализ полученных данных свидетельствует, что более «хаотичные» системы (с большей корреляционной размерностью) легче управляются, по-видимому, в силу своей пластичности. Если управление затруднено, система переходит в колебательный режим в поисках наиболее оптимального состояния. Но в том и в другом случае коррекция осуществляется через порядок, через уменьшение сложности динамики и энтропии. Конечно, это уменьшение тоже имеет свой предел, и как показывают результаты проведенных сеансов, оба параметра устанавливаются на каком-то допустимом уровне.