

ОСОБЕННОСТИ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛИТЕЛЬНЫХ ЗАПИСЕЙ ИНТЕРВАЛОВ R-R*Институт медико-биологических проблем РАМН, Научный центр здоровья детей РАМН, Москва*

В этом сообщении мы хотим остановиться на использовании математико-статистического анализа интервалов R-R электрокардиограммы (ЭКГ), который сегодня составляет неотъемлемую часть программного обеспечения холтеровских мониторинговых (ХМ) систем ЭКГ. Программное воплощение метода дискретного Фурье-анализа не стандартизовано. Это вносит существенные различия в получаемые результаты и, соответственно, в их интерпретацию.

Если обратиться к вопросу об адекватности математического метода анализируемым данным, то остановимся здесь на двух понятиях - нормальности и стационарности. Интересно отметить, что еще в 1932 г. немецкие физиологи Fleisch и Beckmann показали, что интервалы R-R у здорового человека в покое имеют нормальное распределение. Естественно, это имеет место при малых выборках, при увеличении числа наблюдений вступает в силу колебательный закон, который составляет основу всей жизни человека. Каждая клетка, ткань, орган и их системы характеризуются своими собственными рабочими ритмами, подчиняясь вместе с тем общему для них ритму - циркадианному с длительностью периода от 23 до 28 часов. Это подтверждает адекватность применения спектрального анализа для выявления периодических составляющих. Со времен Н.Винера известен спектральный анализ электроэнцефалограммы (ЭЭГ). ЭЭГ - это временной ряд, где аргументом является время, на основании этого размерность периодов волн ЭЭГ выражается в герцах. Если представить себе синхронную запись ЭЭГ и ЭКГ, то интервалы RR - это расстояние от зубца R до зубца R на ЭКГ по оси OX. Поэтому ряд интервалов R-R (интервалограмма) не может рассматриваться как временной ряд, так как аргумент здесь не время, а порядковый номер кардиоцикла: $t(n)$. Спектральный анализ в том варианте, как он используется для ЭЭГ, здесь теряет смысл.

В существующих приборах авторы спектральных программ используют формулу Фурье и утверждают, что аргумент и функция имеют одну и ту же размерность - «сек», т.е. это функция $t(t)$. Очевидно, что таких графиков в природе не существует. Авторы такого подхода, понимая, что получили неравномерный шаг, вводят интерполяцию, получая значения, которых у пациента никогда не было. Таким способом выявляют дыхательные и медленные волны и по их соотношению строят прогностический показатель внезапной смерти у лиц, перенесших инфаркт миокарда или оценивают эффективность воздействия препарата на данного больного уже при кратковременном его применении.

Наши программы анализа суточных записей ритма сердца разработаны по схеме, пересекающейся с идеями разведочного анализа Дж.Тьюки: если исследователь не видит в своих данных никаких закономерностей, то простая подстановка этих данных в математические формулы может просто запутать его. Наш подход при применении математики - это возможность количественного выражения наблюдаемых исследователем закономерностей. Мы начинаем с графиков физиологических параметров, привычных для врача. «График имеет наибольшую ценность тогда, когда он вынуждает нас заметить то, что мы совсем не ожидали увидеть» (Дж.Тьюки).

При автоматическом распознавании зубцов R ЭКГ, получая в среднем 120 тысяч интервалов R-R за сутки, используются различные приемы сжатия информации. В наших программах исследователь имеет возможность составить общее представление об изменении сердечного ритма, «листая» интервалограммы. При этом он может курсором выбрать квазистационарные или переходные участки интервалограммы в соответствии с используемым математическим методом или задачей исследования. Часто возникает вопрос, какова должна быть продолжительность временного ряда для получения достоверных результатов?

Для живого организма чем длиннее анализируемый ряд его параметров, тем более нестационарный ряд мы имеем. Мы используем динамический спектр, где не только видна общая волновая структура, но и можно установить время начала и конца стационарных участков. При спектральном анализе мы берем не интервалограмму - $t(n)$, а функцию $n(t)$, что позволяет иметь равномерный шаг и получать размерность периодов в герцах. Предлагаемая нами схема математического анализа ритма сердца сохраняет для врача связь исходных данных (ему понятных) с результатами математического анализа и дает ему возможность получать количественную оценку наблюдаемых им закономерностей. Изменяя интервал пересчета в пульс, можно выделять волны разной длительности: от дыхательных до очень медленных, укладывающихся в суточную запись.