

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КАРДИОЛОГИИ

11–12 апреля 2013, Харьков, Украина

КОМПЬЮТЕРНАЯ ДИАГНОСТИКА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ
ПО ФАЗОВОМУ ПОРТРЕТУ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ
(К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА Н.М. АМОСОВА)

Л.С. Файнзильберг

Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем
НАН и МОН Украины (Киев)

В первом номере Докладов Академии наук СССР за 1972 год была опубликована статья Николая Михайловича Амосова с коллегами «Исследование сократительной функции миокарда методом фазовых координат», в которой для анализа внутрисердечной гемодинамики предложено использовать фазовую траекторию, отображающую процесс сокращения желудочка на плоскости с координатами $P(t), \dot{P}(t)$, где $P(t)$ и $\dot{P}(t)$ – соответственно давление и скорость изменения давления в момент времени t . Впервые была сформулирована гипотеза о возможности диагностики заболеваний сердца по форме такой кривой.

Хотя эта публикация не имела отношения к электрокардиографии, но именно ее по праву можно отнести к основополагающей в формировании нового перспективного направления – компьютерной диагностике по фазовому портрету электрокардиограммы (ЭКГ).

В подавляющем числе известных публикаций, посвященных исследованию ЭКГ на фазовой плоскости, применяют метод задержек, когда координаты фазовой плоскости представляют собой амплитуды временного сигнала $z(t)$ в моменты времени t и $t-\tau$, где τ – величина задержки (лаг преобразования). Главным образом такие исследования направлены на анализ варибельности сердечного ритма, оценку степени хаотичности сигнала и классификацию аритмий, а отображение ЭКГ на фазовой плоскости $z(t), z(t-\tau)$ дает наглядное представление об экстрасистолических комплексах.

В упомянутой работе Н.М.Амосова заложена более прогрессивная идея: при построении фазового портрета в явном виде использовать *скоростные* показатели сердечной деятельности. Это идея побудила нас исследовать диагностическую ценность фазового портрета ЭКГ, построенного не в координатах $z(t), z(t-\tau)$, а в координатах $z(t), \dot{z}(t)$, где $\dot{z}(t)$ – скорость изменения сигнала, несущего информацию об электрической активности сердца в момент времени t .

Несмотря на то, что еще в давних исследованиях кардиологов указывалось на диагностическую ценность скоростных показателей ЭКГ, анализ фазового портрета ЭКГ в координатах $z(t), \dot{z}(t)$ до последнего времени не использовался в клинической практике. Некоторые авторы даже отрицают саму возможность такого подхода только лишь из-за трудностей оценки производной $\dot{z}(t)$ реальных ЭКГ.

И это не случайно, поскольку оценка производной сигнала на фоне помехи действительно является не простой задачей, а дифференцирование зашумленных сигналов относится к числу некорректно поставленных математических задач. Тем не менее при использовании оригинальных процедур фильтрации и регуляризации нам удалось на основе конечно-разностных аппроксимаций для дискретно заданной функции $z[k], k = 0, \dots, K-1$ вычислять приближенные значения производной реальных ЭКГ и получать приемлемые оценки $\dot{z}[k]$.

Этот результат открыл путь к развитию идеи Н.М.Амосова и позволил построить эффективную технологию перехода от скалярного представления ЭКГ $z(t)$, заданной в дискретные моменты времени $t_k \equiv k\Delta, k = 0, 1, \dots, K-1$, где Δ – шаг квантования по времени, к последовательности двумерных векторов (точек)

$$(z(t_0), \dot{z}(t_0)), (z(t_1), \dot{z}(t_1)), \dots, (z(t_{K-1}), \dot{z}(t_{K-1}))), \quad (1)$$

лежащих на фазовой траектории в плоскости $z(t), \dot{z}(t)$.

Модельные эксперименты показали, что изменения традиционных диагностических признаков ЭКГ более выразительно проявляются при отображении ЭКГ в фазовых координатах $z(t), \dot{z}(t)$, чем при ее представлении во временной области $z(t)$. Более того, используя оригинальные компьютерные алгоритмы, удалось оценить параметр β_T , характеризующий симметрию фрагмента реполяризации усредненной фазовой траектории, который может быть использован как *дополнительный* диагностический показатель для выявления начальных признаков ишемической болезни сердца (ИБС).

Диагностическая ценность показателя β_T подтверждена обработкой клинических данных, полученных в отделении ишемических болезней сердца Института кардиологии им. акад. Н.Д. Стражеско АМН и четырех клиниках Германии. Клинический материал составил 441 запись ЭКГ больных с подтвержденным диагнозом ИБС (коронароангиография) и 387 записей ЭКГ здоровых добровольцев, включенных в контрольную группу.

Установлено, что принятие решений по пороговому правилу

$$\begin{array}{ll} \text{ВНИМАНИЕ,} & \text{если } \beta_T > \beta_0 \\ \text{НОРМА,} & \text{если } \beta_T < \beta_0' \end{array} \quad (2)$$

где $\beta_0 \approx 0,72$, обеспечивает разделение представителей указанных групп с чувствительностью $S_E = 81\%$ и специфичностью $S_P = 78\%$.

Следует подчеркнуть, что в группу верифицированных больных были включены лишь пациенты, у которых традиционный ЭКГ-анализ в 12 отведениях *не выявил* каких либо отклонений от нормы. Поэтому диагностическое правило (2), подтвердившее сравнительно высокие показатели чувствительности и специфичности на таком «сложном» клиническом материале, вполне можно считать приемлемым для профилактических обследований и решения задачи *скрининга* ИБС.

Неожиданные результаты получены в инфарктном отделении городской клинической больницы № 5 г. Киева. Оказалось, что изменения показателя β_T в *первом* стандартном отведении у больных с острым инфарктом миокарда *задней стенки* левого желудочка адекватно отражали динамику протекания заболевания на госпитальном режиме хотя, как известно, при такой локализации традиционные показатели ЭКГ не проявляются в первом отведении. Подобные результаты получены также в *активных* экспериментах на животных в условиях искусственной ишемии, которые проводились в Институте физиологии им. А.А. Богомольца НАН Украины.

Эти факты породили гипотезу о том, что вследствие взаимосвязи *скоростных* характеристик электрической активности сердца в период реполяризации показатель β_T в первом стандартном отведении *косвенно* несет информацию о патологических изменениях, возникающих в других отведениях.

Для проверки этой гипотезы проведены дополнительные исследования показателей β_T в 12-ти традиционных отведениях в группе ИБС и контрольной группе здоровых волонтеров. Обработка накопленного материала показала, что значения показателей β_T , измеренные в различных общепринятых отведениях, действительно имеют высокую степень корреляции.

Разумеется, упрощенный метод регистрации информации только от одного отведения не может заменить стандартное ЭКГ-заключение. В то же время даже такая ограниченная информация при обработке ЭКГ в фазовых координатах $z(t), \dot{z}(t)$ позволяет с определенной степенью достоверности *интегрально* судить о функциональном состоянии сердечной деятельности.

На основе предложенной информационной технологии создан и передан в серийное производство портативный диагностический комплекс ФАЗАГРАФ[®], который подтвердил свою эффективность в медицинских учреждениях, спортивных организациях, предприятиях с повышенным техногенным риском, учебных заведениях (школах) и в других сферах применения.

Таким образом сбылось предвидение академика Н.М.Амосова о перспективности использования метода фазовых координат для диагностики заболеваний сердца.