

## Прогресс и проблемы современного этапа компьютерного анализа электрокардиограмм.

В.В. Шкарин, д.м.н., главный кардиолог ПФО, заведующий кафедрой терапии последипломного образования НГМА.

Применение компьютерных технологий для анализа (расшифровки) электрокардиограмм имеет почти полувековую историю. Первые коммерческие системы для автоматической расшифровки 12 общепринятых отведений электрокардиограммы появились в 50-х годах прошлого века. С этих пор автоматизация стандартного ЭКГ исследования стала наиболее массовой областью применения компьютерных технологий в медицине, что в немалой степени определяется астрономическим числом электрокардиограмм, ежедневно регистрируемых во всем мире.

Несмотря на очевидный прогресс, достигнутый в этой области, до настоящего времени сохраняет актуальность проблема выбора между традиционным электрокардиографом и компьютерным анализатором электрокардиограмм. Значительное число практикующих врачей по-прежнему ориентированы на использование традиционных электрокардиографов, несмотря на такие очевидные достоинства компьютерных кардиоанализаторов как низкая стоимость эксплуатации, возможность использования электронных архивов, автоматизация трудоемких измерений и расчетов.

Для современного этапа характерно интенсивное использование количественного анализа электрокардиосигналов с верификацией новых ЭКГ-критериев прямыми инвазивными методами. Решены крупные научные задачи, такие как диагностика дефектов миокардиальной перфузии с чувствительностью более 90 процентов, стратификация риска повреждения миокарда в раннем периоде развития инфаркта миокарда, прогноз развития опасных нарушений ритма.

Существует единственная возможность сделать революционные достижения мировой кардиологии реальным достоянием практического здравоохранения. Эта возможность заключается в массовом тиражировании достижений науки в виде программного обеспечения компьютерных кардиоанализаторов.

Поэтому выбор между электрокардиографом и компьютерным кардиоанализатором является одновременно выбором возможности (или невозможности) использования в лечебно-диагностической работе конкретного медицинского учреждения современных методов диагностики.

Кафедра терапии последипломного образования НГМА уделяет большое внимание обучению врачей современным методам функциональной диагностики. На протяжении последних четырех лет для практической работы и обучения врачей компьютерным технологиям мы используем компьютерный электрокардиограф (кардиоанализатор) «Диамант-К» с программным обеспечением «ArMaSoft-12-Cardio».

«Диамант-К» поддерживает все функции обычного электрокардиографа, обеспечивает без искажений электронную архивацию электрокардиограмм, может использоваться для дистанционной диагностики («ЭКГ по телефону»). Цифровая фильтрация сетевой помехи (50 Гц), «центровка» сигнала с выравниванием дрейфа изолинии, возможность выбора пользователем оптимального масштаба записи позволяют получать электрокардиограммы высокого качества. Глубокое подавление миограммы **без амплитудно-фазовых искажений QRS-комплекса** обеспечивается оригинальным цифровым фильтром с адаптивным изменением полосы пропускания в реальном времени (ASF-«ArMaSoft Smothing Filter»).

Артефакты, возникающие при движении пациента и/или при нарушении контакта «электрод-кожа» имеют спектральный состав, совпадающий со спектром электрокардиосигнала. Цифровая фильтрация этих помех невозможна в принципе, и это является серьезной проблемой для большинства известных нам приборов.

Математическое обеспечение электрокардиографа «Диамант-К» распознает и исключает из анализа более 80% нефилтруемых артефактов. Проблема решена на основе лингвистического подхода, путем создания библиотеки «логических дескрипторов» артефактов. Благодаря этому достигнута хорошая помехозащищенность и высокая точность автоматического анализа нарушений сердечного ритма (более 200 заключений).

Автоматическое распознавание и измерения зубцов осуществляются по усредненному за 10 секунд P-QRS-T комплексу, что увеличивает отношение сигнал/шум более чем в 3 раза. Применяемый алгоритм селективного усреднения успешно преодолевает квазистационарность электрокардиограммы, не «сглаживает» зубцы и сохраняет тонкую структуру ЭКГ-сигнала. Точное усреднение является основой точных автоматических измерений. **Надежно распознаются зубцы электрокардиограммы, превышающие по амплитуде 35 мкВ(!), по длительности 12 мсек (!).** При анализе ЭКГ пациентов с инфарктом миокарда часто возникает необходимость дифференцировать qS и qrS комплексы. В этих случаях распознавание низкоамплитудных, сравнимых с уровнем шумов зубцов ЭКГ имеет важное практическое значение.

Синдромальная интерпретация осуществляется **автоматически по всем классам ЭКГ-изменений (более 250 заключений)**. Как известно, диагностическая точность любого метода (критерия) оценивается

количественно показателями специфичности и чувствительности. Показатель специфичности определяет вероятность наличия нормы. Показатель чувствительности, напротив, определяет вероятность выявления патологии. Чем больше специфичность диагностического критерия, тем меньше его чувствительность, и наоборот. На примере диагностики инфаркта миокарда рассмотрим принципы компьютерной интерпретации электрокардиограммы, реализованные в кардиографе «Диамант-К». «Инфарктные признаки» анализируемой электрокардиограммы последовательно оцениваются на соответствие критериям, имеющим различные уровни чувствительности и специфичности.

Ранг достоверности компьютерного заключения определяется соотношением чувствительности и специфичности набора диагностических признаков, которому соответствуют результаты измерений электрокардиограммы. Самая высокая специфичность (соответственно, низкая чувствительность) соответствует рангу заключения «достоверное» (слово «достоверный» в заключении не указывается). Заключения с рангом достоверности «вероятно» имеют более низкую специфичность и более высокую чувствительность (например, заключение «Вероятно передне-перегородочный инфаркт миокарда подострой стадии»). Заключения с рангом «возможно» имеют еще более низкую специфичность и еще более высокую чувствительность.

Диапазон действия признака с высокой специфичностью (низкой чувствительностью) непосредственно граничит со следующим диапазоном (меньше специфичность, больше чувствительность), который в свою очередь граничит со следующим диапазоном (еще меньше специфичность, еще больше чувствительность) и т.д. Формируется непрерывное многомерное пространство диагностических признаков.

Это обеспечивает автоматическую диагностику инфарктов миокарда с различной выраженностью электрокардиографических изменений. Грубые инфарктные изменения выявляются критериями с высокой специфичностью (ранг заключения «достоверно»), минимальные признаки повреждения миокарда надежно обнаруживаются критериями с высокой чувствительностью. В этих случаях компьютерному заключению присваиваются ранги достоверности «вероятно» или «возможно», т.е. **программа обнаруживает ранние инфарктные изменения и ориентирует врача на необходимость подтверждения диагноза.**

Кардиограф «Диамант-К» является примером последовательной реализации принципа адаптивности: шумы подавляются адаптивным фильтром реального времени, алгоритмы автоматического распознавания зубцов автоматически настраиваются на параметры ЭКГ-сигнала. Алгоритмы синдромальной интерпретации также основаны на адаптивном изменении порогов диагностических критериев. Это обеспечивает надежную интерпретацию атипичных электрокардиограмм. Принцип адаптивной синдромальной интерпретации можно разъяснить на следующем примере.

Одним из общепринятых критериев диагностики блока левой ножки пучка Гиса является увеличение длительности QRS более 125 мсек. Предположим, что измеренное значение длительности составляет 123 мсек. При использовании фиксированного порога ( $T_{QRS} > 125$  мсек.) автоматическая интерпретация не обнаружит блока левой ножки, несмотря на наличие типичного контура QRS комплекса. Диагностическая точность программ с фиксированными критериями не превышает 75 процентов. Скепсис врачей по поводу применения таких программ вполне закономерен. «По инерции» этот скепсис распространяется и на современные программы, что связано главным образом с недостаточной информированностью врачей об их возможностях.

В программе кардиографа «Диамант-К» используется аппарат нечеткой математической логики, обеспечивающий адаптивную подстройку диагностических критериев, подобно тому, как это происходит при визуальном анализе ЭКГ врачом. Врачебное заключение формируется на основе синтеза всей совокупности диагностических признаков, при этом если один или несколько признаков имеют значения, не соответствующие классическим критериям, то опытный врач интуитивно понижает их «диагностические веса». Принципиально так же работает компьютерный электрокардиограф; различие лишь в том, что вместо интуиции врача используется высокотехнологичное программное обеспечение.

Результатом применения арсенала математических методов является высокий уровень диагностической точности, который обеспечивает кардиограф «Диамант-К». Для различных ЭКГ-синдромов точность, в сравнении с интерпретацией врачами-экспертами, составляет 95-98%. Это дает возможность применения прибора в качестве эффективного «**диагностического автомата**» при рутинных электрокардиографических исследованиях. Наряду с этим в **аналитическом режиме** программа может использоваться как «**компьютерный ассистент**». Программные инструменты аналитического режима обеспечивают обмер произвольного элемента электрокардиограммы (например, измерение зубца U), выбор произвольного P-QRS-T комплекса для автоматической интерпретации, количественное исследование динамики ЭКГ. Это дает возможность подготовки врачом клинически обоснованного заключения при анализе электрокардиограмм любой сложности или при нестандартных условиях регистрации электрокардиограммы (дополнительные отведения, влияние медикаментов, наличие имплантированного кардиостимулятора и т.д.).