

Компьютерная

электрокардиография

Методы анализа электрокардиосигнала. Существующие методы автоматического анализа ЭКГ отличаются большим разнообразием, которое обусловлено как различием решаемых задач, так и спецификой исследуемых параметров сигнала. Основой для построения алгоритмического и программного обеспечения большинства автоматизированных систем служит следующая последовательность этапов обработки ЭКГ-сигнала:

- ввод ЭКГ;
- предобработка сигнала;
- распознавание характерных элементов;
- измерение информативных параметров и их анализ;
- интерпретация результатов анализа.

Ввод ЭКГ предполагает аналого-цифровое преобразование сигнала, которое выполняется чаще всего с частотами дискретизации от 250 до 500 Гц и точностью преобразования 8-12 бит, что обеспечивает достаточно высокое качество представления сигнала в цифровой форме.

На этапе предобработки для подавления помех используют методы цифровой фильтрации, устраняющие на ЭКГ шумы различного происхождения (мышечный тремор, движения пациента, сетевые наводки) и улучшающие за счет этого условия работы последующих алгоритмов.

Требования к фильтрации определяются особенностью обследования. Для подавления мышечных высокочастотных (до 1000 Гц) шумов используют цифровые фильтры низких частот, дыхательных — низкочастотных (менее 3 Гц) волн: цифровые фильтры высоких частот, сплайн-интерполяцию. Режекция сетевой наводки (50 Гц) производится с помощью полосовых фильтров, адаптивных фильтров. Импульсные артефакты, связанные с движением пациента и плохим контактом электродов с кожей, устраняются с помощью фильтров высоких частот и усреднения.

В предобработку сигнала могут быть включены специальные процедуры коррекции изоэлектрической линии (в последнее время для этого стали использовать методы сплайн-интерполяции), фильтрации импульсных помех, а также сжатие последовательности дискретных отсчетов ЭКГ, благодаря которому удается сократить избыточность исходного представления сигнала и реализовать структурные методы анализа.

Наиболее важным этапом обработки ЭКГ является распознавание важнейших ее элементов, заключающееся в обнаружении QRS-комплекса, выделении его характерных точек (вершин зубцов Q, R, S, границ комплекса и зубцов), определении некоторой опорной точки, относительно которой измеряются длительности RR-интервалов. Здесь можно выделить целую группу методов, основными из которых являются следующие: • — методы, использующие анализ первой производной сигнала; — структурные методы, основанные на предварительной сегментации сигнала, представляющие его в виде последовательности простейших элементов и последующем грамматическом разборе получаемой при этом цепочки символов; — корреляционные методы, использующие анализ корреляционной функции между входной ЭКГ и несколькими образцами желудочкового комплекса. « Последующие этапы автоматического анализа ЭКГ определяются конечной целью исследования и реализуются с использованием различных методов цифровой обработки сигнала.

При анализе ЭКГ первостепенный интерес для врача представляют временная эволюция и статистика распределения структурных параметров: временных интервалов (RR, PQ, QRS, ST) и амплитуд (P, R, ST, T). Поэтому важную группу составляют методы обработки ЭКГ, основанные на измерении параметров, используемых врачом при расшифровке ЭКГ. К

ним относятся значения амплитуд и длительность зубцов ЭКГ, интервалы между ними. Алгоритмы классификации сердечных аритмий, строящиеся посредством формализации врачебной логики, используют огромное число параметров и отличаются высокой степенью сложности.

В этой группе важное место занимает оценка смещения ST-сегмента относительно изолинии, позволяющая определить степень ишемии. Для улучшения измерений в области ST-сегмента используют усреднение сигнала. Другой класс задач связан с непрерывной обработкой ЭКГ с целью обнаружения ранних аритмий и предотвращения более тяжелых состояний больного. Особенность используемых методов анализа ЭКГ определяется тем, что признаки нарушений ритма и проводимости сердца заключены как в изменении длительности RR-интервалов, так и в изменении формы желудочковых комплексов ЭКГ. Первая группа методов предполагает анализ морфологических свойств QRS-комплекса при описании его в виде последовательности дискретных отсчетов или их производных. Алгоритмы распознавания аномальных форм желудочкового комплекса основаны, как правило, на сравнении каждого обнаруженного комплекса с некоторым эталоном, хранящимся в памяти ЭВМ. Они используют либо корреляционные методы анализа, либо программы, основанные на измерении расстояния между векторами отсчетов сравниваемых комплексов. Вычисленные коэффициенты взаимной корреляции либо расстояния сравниваются с некоторыми порогами, задающими меру отклонения анализируемого комплекса относительно эталона. В большинстве алгоритмов обнаружения аритмий используются логические решающие правила, объединяющие признаки изменения формы желудочкового комплекса и длительности соответствующих RR-интервалов.

Вторая группа методов строит описание формы желудочкового комплекса в виде признаков, которые вычисляются по характерным точкам кардиоцикла, получаемым на этапе распознавания основных элементов ЭКГ. Классификация комплексов осуществляется методами кластерного анализа с использованием различных мер близости между ними. Эти методы проще реализуются и в то же время обеспечивают достаточно высокое качество распознавания аритмий. При решении задач контроля состояния организма под воздействием различных факторов почти всегда исследуют ритм сердечных сокращений, осуществляя математическую обработку RR-интервалов. Чаще всего применяют структурный анализ ритмограмм, анализ гистограмм, а для выделения периодических составляющих ритмограммы — методы корреляционного и спектрального анализа. Использование всех этих методов преследует в основном одну цель: дать меру изменчивости ритма сердечных сокращений в различных состояниях организма, под которыми понимают состояние покоя, различные нагрузки (умственные и физические) или разные виды патологии.