

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИНФОРМАТИВНЫХ ТОЧЕК ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ

Рассмотрены особенности статистической модели пульсового сигнала, предназначенной для разработки алгоритма поиска информативных точек на реальных пульсовых волнах, а также оценены погрешности определения информативных точек с использованием предложенного алгоритма.

Ключевые слова: пульсовая волна, информативные точки, цифровая обработка сигналов.

V.V. Boronoyev, B.Z. Garmaev

RESEARCH OF THE STATISTICAL MODEL OF PRESSURE SIGNAL COMPONENTS

Distinctive features of statistical model of pressure signal components are analyzed. The model is intended to develop the search algorithm. Errors of pressure signal components determination with the help of algorithm suggested were assessed.

Keywords: pulse wave, pressure signal components, digital signal processing.

Решение задачи автоматизации диагностики сердечно-сосудистой системы требует надежных и устойчивых методов выделения и анализа диагностически-значимых параметров биомедицинских сигналов. К ним относятся амплитудные и временные параметры координат информативных точек (ИТ), которые характеризуют форму пульсового сигнала и позволяют определять длительности временных интервалов (фаз) сердечного цикла, по абсолютным значениям которых вычисляются объемные и скоростные параметры функционирования и регуляции сердечно-сосудистой системы. Для решения проблемы выделения границ и алгоритма поиска ИТ ранее была разработана модель информативных точек пульсового сигнала на основе эвристических правил, широко использующая эмпирические данные, введенные в метод в качестве априорных констант без учета их вариабельности у реальных сигналов. За основу статистической модели информативных точек пульсовой волны взят модифицированный вариант Валтнериса [1] для центральных пульсограмм, длительности фаз сердечного цикла для здорового человека и соответственно координаты ИТ взяты из верифицированных медицинских данных [2]. Суть предлагаемого подхода заключается в определении 10 информативных точек единичной пульсовой волны, абсциссы которых характеризуют временные интервалы (фазы) кардиоцикла, а ординаты определяют амплитудные свойства волны (рис. 1) [3]. Этот набор информативных точек с высокой точностью описывает контур (форму) пульсовой волны.

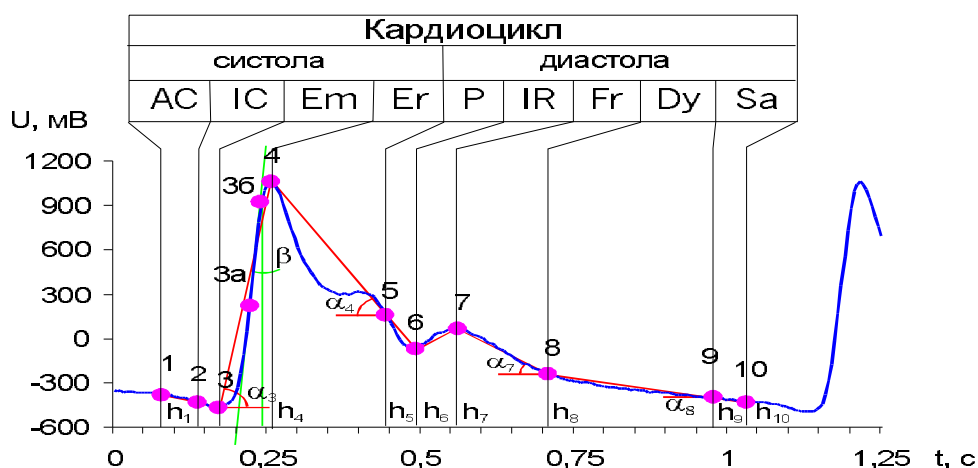


Рис. 1. Единичная пульсовая волна с обозначенными информативными точками

Амплитудные параметры реальных пульсовых волн определяются методикой съема экспериментальных данных, параметрами датчиков и давлением датчиков на артерию, что приводит к высокой вариабельности данных параметров, и поэтому в статистической модели информативных точек зада-

ют алгоритм поиска ИТ. Таким образом в модель включается стохастическая компонента (диапазоны поиска реальных ИТ вокруг заданной в модели), которая учитывает вариабельность временных параметров реального пульсового сигнала.

Для проверки данной модели проведены исследования на реальных пульсовых волнах. Известно [4], что пульсовые волны даже взятые из одной реализации отличаются R-R интервалами и амплитудно-временными параметрами. На рис. 2а показаны 117 реальных пульсовых волн с заметной вариабельностью помеченных информативных точек. Далее вычисляется разница между модельной и реальной информативными точками в процентах от R-R интервала, и диапазоны поиска в процентах от R-R интервала в модели информативных точек. На рис. 2б показан в процентах от R-R интервала выход реальных информативных точек за диапазон поиска в модели, т.е. разница двух величин указанных выше. Отрицательные значения показывают, что информативные точки не выходят за границу диапазона поиска и в случае отсутствия шума будут определены точно. Ноль обозначает верхнюю границу диапазона поиска в модели. Из рис. 2б видно, что модельные информативные точки 4 и 8 имеют наименьшую разницу с реальными ИТ. Видно, что реальные информативные точки 4, кроме 2-х точек, находятся внутри диапазона поиска и имеют отрицательное среднее значение. В среднем от 2 до 8% информативных точек 4 выходят за диапазон поиска модели.

Также на рис. 2б показано, что реальные ИТ 4 и 8 в основном входят в диапазон поиска. Это объясняется малой вариабельностью этих точек, в то время как ИТ 5, 6 и 7 очень вариабельны и располагаются на пульсовой волне очень близко, что не позволяет увеличить их диапазоны поиска.

Реальные информативные точки 5 и 6 имеют средние значения выше нуля, следовательно, большинство точек 5 и 6 данная модель определяет неправильно. От 50 до 90% точек 5 и 6 находятся вне диапазона поиска.

Выводы

Данная модель, в отличие от аналогов, позволяет достаточно точно определять координаты информативных точек 4 и 8 на пульсовой волне. Однако она имеет недостаток, влияющий на точность нахождения других информативных точек в диастоле заключающийся в том, что априорное задание центров поиска информативных точек не учитывает вариабельность взаимного расположения информативных точек у разных людей. Несмотря на указанный недостаток, предложенная модель может быть использована для создания более совершенной модели для поиска информативных точек пульсовой волны.

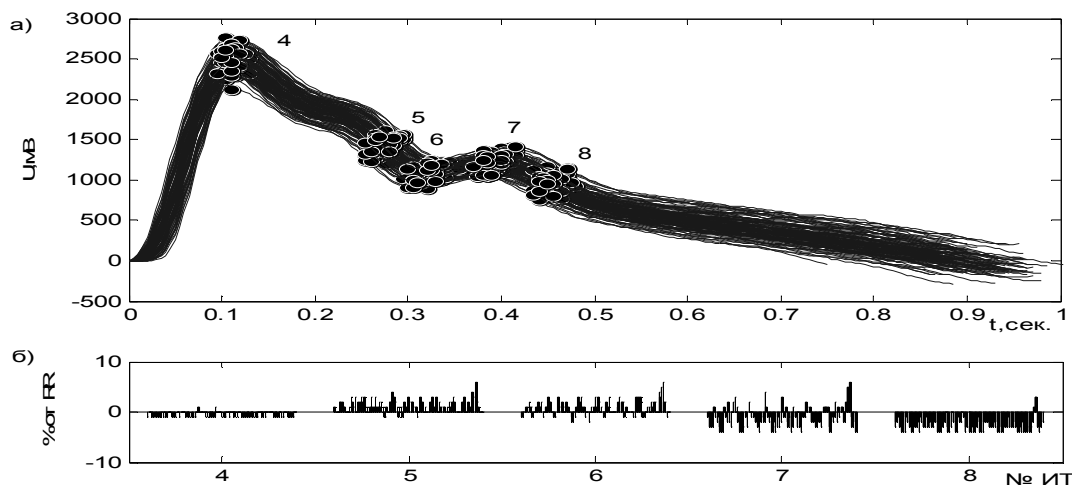


Рис. 2. а) 117 пульсовых волн с обозначенными информативными точками, б) положение реальных точек №4-8 относительно границ диапазона поиска.

Литература

1. Валтнерис А.Д., Яуя Я.А. Сфигмография как метод оценки изменений гемодинамики под влиянием физической нагрузки. – Рига: Зинатне, 1988, – С. 35-42.
2. Карпман В.Л. Фазовый анализ сердечной деятельности. – М.: Медицина, 1965. – С. 88-96.
3. Бороноев В.В. Пульсовая диагностика заболеваний в тибетской медицине: физические и технические аспекты. – Улан-Удэ: изд.-во БНЦ СО РАН, 2005. – 165 с.
4. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. – М.: Наука, 1984. – 50 с.

Бороноев Виталий Васильевич, доктор технических наук, профессор, зав. лабораторией волновой диагностики живых систем, Институт физического материаловедения СО РАН, 670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6, т. (3012) 434694, факс (3012) 433238, yboronojev2001@mail.ru.

Гармаев Баир Заятуевич, научный сотрудник, лаборатория волновой диагностики живых систем, Институт физического материаловедения СО РАН. 670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6, р.т. (3012) 434694, факс (3012) 433238, bair.garmaev@gmail.com

Boronoev Vitaly Vasilevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Laboratory of Wave Diagnostics of Living Systems, Institute of Physical Material Science of the SB RAS, 670047, Ulan-Ude, Sakhyanovoy St., 8

Garmaev Bair Zayatuevich, researcher, Laboratory of Wave Diagnostics of Living Systems, Institute of Physical Material Science of the SB RAS, 670047, Ulan-Ude, Sakhyanovoy St., 8

УДК 621.396.9:616-073

© В.В. Бороноев, В.Д. Омпов, Б.З. Гармаев

ОЦЕНКА ФУНКЦИИ КОГЕРЕНТНОСТИ ПУЛЬСОВЫХ СИГНАЛОВ ПРИ МНОГОКАНАЛЬНОЙ ПУЛЬСОМЕТРИИ

Проведен корреляционный анализ пульсовых сигналов в частотной области. Определена пограничная частота для расчета различных параметров при оценке состояния внутренних органов человека и его функциональных систем.

Ключевые слова: пульсовая волна, функция когерентности.

V.V. Boronoyev, V.D. Ompokov, B.Z. Garmaev

ESTIMATION OF PULSE WAVES COHERENCE FUNCTION IN MULTICHANNEL SPHYGMOGRAPHY

Pulse waves correlation analysis in the frequency area has been carried out. The boundary frequency for the calculation of various parameters for evaluating the state of the internals and the functional systems of a patient has been defined.

Keywords: pulse wave, coherence function.

Полисфигмографическим методом в [1, 2] обнаружено наличие тесной связи между формой и отдельными элементами сфигмограмм сонной и лучевой артерий как в состоянии покоя, так и при функциональных пробах, изменяющих условия системной гемодинамики. Таким образом, в [1] получено качественное, а в работе [2] количественное доказательство принадлежности сфигмограммы лучевой артерии по форме к группе центральных сфигмограмм. Особую актуальность вопрос о соответствии СФГ лучевой артерии о форме группе центральных сфигмограмм принимает при реализации комплексной программы по объективизации и автоматизации пульсовой диагностики тибетской медицины.

Известно, что пульс в организме человека является интегральным процессом, отражающим состояние многих органов и функциональных систем. Форма артериального пульса зависит от силы и скорости сердечных сокращений, ударного объема крови и артериального давления, эластичности и тонуса стенок артерии и т.д. Исследование пульса с запястья обеих рук человека используется в восточной медицине для диагностики функционального состояния внутренних органов [3]. Для анализа пульсовых волн можно привлечь весь богатый аппарат обработки сигналов, созданный до настоящего времени.

Одним из основных методов математического анализа пульсовых сигналов является спектральный анализ. В статье [4] в качестве критерия, соответствующего границе между нормой и патологией, предложен энергетический коэффициент ЭК, определяемый как отношение усредненного энергетического спектра W пульсового сигнала в полосе частот от 1 до 10 Гц ($W1$) к соответствующей величине в полосе частот от 10 до 50 Гц ($W2$) [4]:

$$ЭК = W1/W2,$$

в котором частота $f = 10$ Гц принята как пограничная частота при определении различных параметров для оценки состояния внутренних органов человека и его функциональных систем. Важную роль в спектральном анализе случайных процессов играет так называемая функция когерентности сигналов,