

УДК 621.006

С.А. Синютин**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ
НА БАЗЕ ЭКГ И ОКСИГЕМОМЕТРИИ**

В данной статье рассматриваются методы оценки состояния сердечно-сосудистой системы путем анализа ЭКГ и характеристик пульсовой волны. Рассмотрены нормативные показатели ритмограммы и оксигемометрии. Описана нейросеть для анализа показателей состояния сердечно-сосудистой системы.

ЭКГ; оксигемометрия; нейронная сеть; пульсовая волна.

S.A. Siniutin**HEART SYSTEM STATE ANALYSING, BASED
ON ECG AND OXYHEMOMETRICS**

This article covers methods of estimating heart-system state by analyzing ECG and pulse wave characteristics. Basic values of rhythmogram and oxyhemometrics are covered. The neural network for analysing heart-system state is described.

ECG; oxyhemometrics; neuron network; pulse wave.

Современная медицина имеет в своем арсенале достаточно много устройств и приборов для диагностики состояния сердечно-сосудистой системы (ССС). Однако все они в той или иной мере страдают определенными недостатками: эпизодичность исследования; односторонний подход к функционированию СССР; доступность только для профессионалов.

В данной работе делается попытка построения аппаратно-программного средства, свободного от этих недостатков. СССР характеризуется проявлением электрической и механической активности. Причем если электрическую активность достаточно полно представляет сигнал ЭКГ, то для оценки механической активности используется множество сигналов:

- ◆ пульсовая волна;
- ◆ данные ультразвуковых исследований;
- ◆ фотоплетизмограмма;
- ◆ реограмма;
- ◆ артериальное давление.

Каждое из этих исследований, в свою очередь, включает в себя множество методик и их оценок. Для разработки нового аппаратно-программного диагностического средства было решено отобрать только методы исследования, удовлетворяющие следующим требованиям:

- ◆ достаточно полный охват всех аспектов работы СССР;
- ◆ возможность осуществления исследования непрофессионалом;
- ◆ относительно небольшую продолжительность исследования;
- ◆ учет ретроспективных данных;
- ◆ возможность прогноза поведения СССР.

В полной мере этим требованиям удовлетворили ЭКГ и двухчастотная пульсоксиметрия. ЭКГ представляется одним отведением – биполярным, но расположенным параллельно максимальному вектору электрической оси сердца, возможны индивидуальные варианты для конкретного человека. В программе оцениваются показатели ритма и контура ЭКГ. Для этого из сигнала ЭКГ выделяется ритмограмма и оцениваются ее показатели.

Нормативные показатели ритмограммы:

CKO – среднее квадратическое отклонение (выражается в мс) величин интервалов *RR* за весь рассматриваемый период (в зарубежных публикациях этот показатель называют *SDNN* - Standard Deviation, *NN* – означает ряд нормальных интервалов “normal to normal” с исключением экстрасистол).

SDANN – стандартное отклонение средних значений, полученных из 5-минутных сегментов при записях средней длительности, многочасовых или 24-х часовых записях.

RMSSD – квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов *NN* (нормальных интервалов *RR*).

NN50 – количество пар последовательных интервалов *NN*, различающихся более чем на 50 миллисекунд, полученное за весь период записи.

KB – коэффициент вариации. Он удобен для практического использования, так как представляет собой нормированную оценку дисперсии (*D*) и может сравниваться у лиц с различными значениями частоты пульса.

Мощность высокочастотной составляющей спектра (дыхательные волны). Обычно абсолютная величина дыхательной составляющей спектра (*HF*) равна около 1000 миллисекунд в квадрате. В норме она составляет 15-25 % суммарной мощности спектра.

Мощность низкочастотной составляющей спектра. Обычно в норме доля *LF* в положении “лежа” составляет от 15 до 35-40 %, а при переходе в положение “стоя” может увеличиваться в 1,5-2 раза.

Для экспресс-оценки адаптации нужен достаточно простой критерий, не требующий длительных вычислений в реальном времени. В качестве такого критерия можно использовать комбинацию гистографического и корреляционного анализа.

Так, длинная ось эллипса скатерограммы коррелирует с *LF*, а короткая – с *HF*, следовательно, можно производить оценку централизации без применения аппарата БПФ.

Если ЭКГ является достаточно рутинной процедурой, широко известной профессионалам и пациентам, то выбор в качестве второй методики пульсоксиметрии требует пояснения.

Пульсоксиметрия – неинвазивный метод измерения процентного содержания оксигемоглобина в артериальной крови (*SpO2*). В клинической практике предлагается пользоваться терминами «насыщение артериальной крови кислородом» или «оксигенация артериальной крови», а сам параметр *SpO2* обозначать термином «сатурация». Работа пульсоксиметра основана на способности гемоглобина, связанного (*HbO2*) и не связанного (*Hb*) с кислородом, поглощать свет различной длины волны. Оксигенированный гемоглобин больше поглощает инфракрасный свет, деоксигенированный гемоглобин больше поглощает красный свет. В пульсоксиметре установлены два светодиода, излучающих красный и инфракрасный свет. На противоположной части датчика располагается фотодетектор, который определяет интенсивность падающего на него светового потока. Измеряя разницу между количеством света, поглощаемого во время систолы и диастолы, пульсоксиметр определяет величину артериальной пульсации. Сатурация рассчитывается как соотношение количества *HbO2* к общему количеству гемоглобина, выраженное в процентах:

$$SpO2 = (HbO2 / (HbO2 + Hb)) \times 100\%.$$

В качестве основного сигнала в оксигеометрах используется ФПГ в красной и инфракрасной областях спектра. Однако ФПГ несет информацию не только о *SpO2*. Косвенно из ФПГ можно получить информацию о ригидности артерий и параметрах артериального давления (*АД*).

Достоверное измерение АД и правильная постановка диагноза – один из главных факторов, вносящих свой вклад в лечение артериальной гипертензии – одного из самых массовых заболеваний нашего времени.

Традиционно принятый рутинный осциллометрический метод измерения АД в плечевой артерии при обследовании пациента является не очень удобным и локализованным во времени методом.

Точность осциллометрических приборов имеет свои ограничения. Погрешность измерения давления методом Короткова соответствует:

- ± 5 мм рт.ст. для среднего (FDA);
- ± 8 мм рт.ст. для систолического и диастолического (FDA).

Все большее распространение и поддержку находит мониторинг АД в домашних условиях.

На данный момент для оценки артериальной ригидности применяется целый ряд параметров. «Золотой стандарт» для оценки артериальной ригидности – время распространения пульсовой волны между сонной и бедренной артериями, отношение времени распространения пульсовой волны к расстоянию между двумя исследуемыми отрезками в м/сек.

Контурный анализ пульсовой волны является простым и доступным методом оценки артериальной ригидности крупных артерий в клинических условиях.

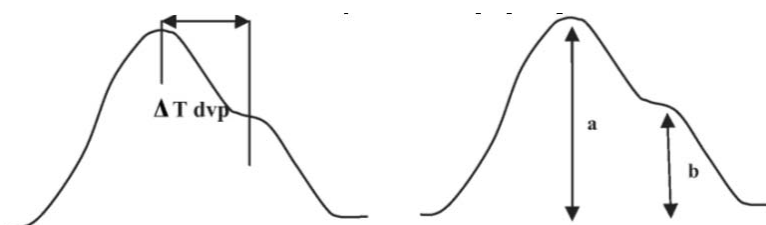


Рис. 1. Расчет индекса жесткости (SI) и индекса отражения (RI) по фотоплетизмограмме: $SI = \text{рост пациента} / \Delta T \text{ dvp}$, $\Delta T \text{ dvp}$ – время между пиками прямой (систолической) и отраженной (диастолической) пульсовой волны, $RI = b/ax100\%$, a – амплитуда систолической пульсовой волны; b – амплитуда отраженной волны

Систолическое и пульсовое давление напрямую зависит от снижения эластичности стенок крупных артерий. В целом ряде исследований показана связь повышения жесткости артериальной стенки с артериальной гипертензией, преимущественно за счет увеличения систолического и пульсового АД.

Имея индексы SI и RI, насыщение крови кислородом, параметры роста и возраста пациента, можно достаточно хорошо оценивать механическую деятельность ССС.

Для определения общего параметра, понятного непрофессионалу, в данной разработке используются нейросетевые алгоритмы [4]. В настоящее время широкое распространение получило использование искусственных нейронных сетей для построения математических моделей сложных нелинейных процессов, распознавания образов и прогнозирования сигналов.

Нейронная сеть – это набор нейронов, каждый из которых представляет собой модель биологического нейрона. В настоящее время широко используются математические модели нейронных сетей. Графически такие модели изображаются в виде графа, показанного на рис. 2. На данном рисунке изображена простейшая многослойная нейронная сеть прямого распространения, которую также называют персептроном. Существуют также и другие модели нейронных сетей, среди кото-

рых наиболее часто используются рекуррентные сети Хопфилда и самоорганизующиеся сети Кохонена [4,5].

Для использования нейронной сети прямого распространения, при решении конкретной задачи, ее необходимо сначала "обучить". Для этого на вход нейронной сети подаются какие-либо значения, а на выходе снимаются результирующие значения, которые сравниваются с теми значениями, которые должны там быть. Если выходные значения нейронной сети отличаются от требуемых значений, то происходит оптимизация весов нейронной сети каким-либо из математических алгоритмов до тех пор, пока эти значения не будут им соответствовать с заданной точностью. После этого нейронную сеть можно считать обученной.

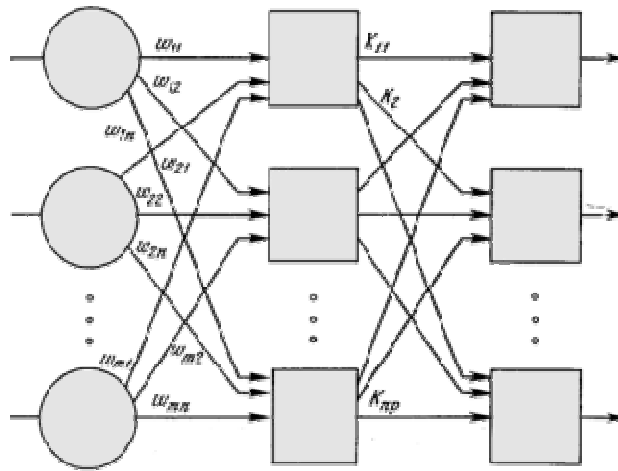


Рис. 2. Графическое представление математической модели нейронной сети прямого распространения

В разработанном аппаратно-программном комплексе на вход нейронной сети с 32 нейронами в первом слое, 24 нейронами во втором слое и 6 нейронами в 3 слое подаются показатели ЭКГ и ФПГ не только из текущего исследования, но и из 3 предыдущих.

Это позволило разработать прибор, который учитывает динамику изменения состояния ССС во времени. Выходом сети является интегральный параметр – индекс состояния, качественно (плохо, средне, хорошо) оценивающий состояние испытуемого.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анохин П.К. Очерки физиологии функциональных систем. – М.: Медицина, 1975. – 448 с.
2. Аронов Д.М., Лунанов В.П., Михеева Т.Г. Функциональные пробы в кардиологии. Кардиология 1995; 12:83-93.
3. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. – М.: Медицина, 1997. – 265 с.
4. Bayir, R. Kohonen Network based fault diagnosis and condition monitoring of serial wound starter motors [Text] / R. Bayir, O. F. Bay: IJSIT Lecture Note of International Conference on Intelligent Knowledge Systems. – 2004. – Vol. 1, - № 1.
5. <http://www.neuropower.de/rus/books/index.html> Нейронные сети Хопфилда и Хемминга [Электронный ресурс].
6. <http://paukoff.fromru.com/neuro/wneuro/index.html> Прогнозирование с помощью искусственных нейронных сетей [Электронный ресурс].

Синютин Сергей Алексеевич

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: kafmps@tspark.ru.

347900, г. Таганрог, ул. Петровская, 81.

Тел.: 88634328052.

Siniutin Sergey Alekseevich

Taganrog Institute of Technological – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail:kafmps@tspark.ru.

81, Petrovskay street, Taganrog, 347900, Russia.

Phone: +78634328052.