

## СЕНСОРНЫЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Вышемирский А.О.

Борискевич А.А. – д.т.н., профессор

В настоящее время потребности в удалённом мобильном телемониторинге растут с каждым днём. Более всего, ощущается недостаток мобильного мониторинга состояния сердечно-сосудистой системы пациентов, Огромное количество людей, как во всем мире, так и в нашей республике, испытывают проблемы со здоровьем и не имеют возможности часто посещать врача, либо находиться под стационарным наблюдением в клинике. В подобной ситуации оказываются и люди, которые занимаются активными видами спорта, а также представители некоторых экстремальных профессий. В этом случае эффективным решением является применение устройств мобильного мониторинга сердечно-сосудистого состояния человека, позволяющих отправлять данные наблюдений врачу посредством сети передачи данных.

Под мониторингом сердечно-сосудистой системы понимается исследование и наблюдение функциональных особенности сердца, касающиеся всех его функций: автоматии, возбудимости, проводимости и сократимости. Важным аспектом исследования является сократительная функция миокарда [5, с. 52].

Для количественной оценки кардиодинамики применяется фазовый анализ систолы левого желудочка. Он заключается в измерении продолжительности периодов и фаз систолы.

Данные изменения гемодинамики могут сниматься как непосредственно с сердечной аорты (путём инвазивных датчиков, встроены в кардиостимуляторы, или неинвазивных, закреплённых на коже в точке в области сердца) так и с других точек тела и других типов датчиков [2, 5].

Существуют следующие инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы человека:

- стационарная электрокардиограмма (ЭКГ);
- Холтеровское мониторирование (Холтеровская ЭКГ);
- фонокардиография;
- сфигмография (фотоплетизмограмма) и др. методы исследования на основе пульсации крови;
- рентгенография;
- эхокардиография;
- доплероэхокардиография;
- радиоизотопное исследование сердца;
- магниторезонансная томография;
- катетеризация сердца и ангиокардиография;
- измерение артериального давления;
- инвазивное исследования сердца [5, 6].

Разберём более подробно некоторые методы:

**Стационарное ЭКГ** — регистрация электрической активности сердца с помощью электродов с поверхности тела. Изменения электрической активности связаны с суммацией электрических процессов деполяризации и реполяризации.

Значение ЭКГ: позволяет выявлять нарушения сердечного ритма, расстройство коронарного кровообращения, отражает увеличение отдельных полостей сердца, способствует выявлению склеротических и дистрофических процессов в миокарде.

Типы датчиков: металлический электрод с резиновой присоской.

Количество каналов: (отведений) – 1, 3, 6, либо 12.

Количество датчиков: один и более, но кратно количеству отведений (чаще всего 12)

Тип входного сигнала: аналоговый (полезная полоса частот от 0.5 до 60 Hz).

**Холтеровское ЭКГ** — тоже регистрация электрической активности сердца, регистрирующая с помощью электродов с поверхности тела. Но, в отличие от стационарного мониторирования, данные при Холтеровском мониторировании снимаются в течении длительного периода времени, от суток до 7-и, посредством специального носимого мобильного прибора.

Значение Холтеровского ЭКГ: позволяет выявить нарушения ритма и проводимости сердца, с неясными обмороками, а также частично для регистрации «немой» (безболевой) ишемии миокарда, для оценки некоторых параметров работы электрокардиостимулятора.

Типы датчиков: миниатюрный электрод на самоклеющийся поверхности.

Количество каналов (отведений): 3 -12.

Количество датчиков: как правило, 7, включая контакт «земля»)

Тип входного сигнала: аналоговый (полезная полоса частот от 0.5 до 60 Hz) [2, 6].

**Фонокардиография** — метод графической регистрации звуковых колебаний сердца.

Значение фонокардиографии: обладает способностью выявлять и оценивать различные добавочные тоны и шумы сердца, которые не выслушиваются аускультативно (т. е. по средством

физического метода медицинской диагностики, заключающегося в выслушивании звуков, образующихся в процессе функционирования внутренних органов).

Типы датчиков: специализированный динамический либо конденсаторный микрофон воздушной или вибропроводимости сигнала.

Количество каналов (отведений): 4 (аускультативный, низкочастотный, средне- и высокочастотный).

Количество датчиков: 4.

Тип входного сигнала: аналоговый, звуковой, инфразвуковой и ультразвуковой (полезная полоса частот от 0.3 до 1000 Hz) [6].

**Эхокардиография (УЗИ)** — метод ультразвукового исследования сердца, изучающий структуру и функцию сердца, основанный на отражении звуковых волн, направленных на изучаемые структуры, которые возвращаются к датчику, где и регистрируются. Определяет толщину стенок и размеры камер сердца во время систолы и диастолы.

Значение эхокардиографии: оценка размеров сердца и его отдельных структур (желудочки, предсердия, межжелудочковая перегородка, толщина миокарда желудочков, предсердий и так далее), наличие и объём жидкости в перикарде — «сердечной сорочке», состояние клапанов сердца.

Типы датчиков: ультразвуковой (на основе множества пьезоэлектрических преобразователей и фокусной линзы) секторный, механический, либо микрокосвенный с глубиной воздействия 10-20 мм. Используется совместно с ультразвуковым генератором (частота генерации 1000 импульсов в секунду).

Количество каналов (отведений): 1.

Количество датчиков: 1.

Тип входного сигнала: аналоговый (3,5 -5 GHz) [5, 6].

**Сфигмография (фотоплетизмография) и другие методы исследования на основе пульсации крови** — методы регистрации колебания стенок артерий, в частности, сонной (в сфигмографии датчик устанавливается на шею в области сонной артерии, а в фотоплетизмографии в области других артерий и сосудов). Для повышения надежности может применяться в сочетании с ЭКГ [6].

Типы датчиков: миниатюрный фотодатчик (источник света, чаще всего LED и фотоприёмник), также существуют лазерные датчики, где в качестве источника излучения применяется лазер [4].

Количество каналов (отведений): 1 – 3 (как правило, 1).

Количество датчиков: 1 и более, (как правило, 1).

Тип входного сигнала: аналоговый (полезная полоса частот от 0.5 до 7 Hz) [1].

Значение Фотоплетизмографии: позволяет осуществлять мониторинг сердечного ритма, пульса, также посредством ФПГ является эффективным прогнозированием коронарного атеросклероза [6].

Одним из важных направлений для исследования является фотоплетизмография (и её мобильная реализация). Использование мобильной фотоплетизмографии для исследования сердечно-сосудистой системы человека обладает рядом преимуществ:

1. возможность ведения длительного, в т. ч. круглосуточного, наблюдения за пациентом без посещения им учреждений здравоохранения;
2. возможность пациенту самому наблюдать за показателями своего здоровья;
3. ФПГ-датчик может быть установлен практически в любое устройство, такое как часы, либо смарт-браслет [2].

Основной недостаток мобильной фотоплетизмографии, также как и стационарной фотоплетизмографии – это возможность получения лишь основных медицинских показателей. Но этот недостаток решается путём использования совместно с ФПГ-датчиком, других типов датчиков, необходимых для получения более полной биометрической картины [3].

Изучение, развитие и внедрение технологий сенсорного мониторинга состояния сердечно-сосудистой системы человека является неотъемлемым аспектом для формирования здорового генофонда нации и повышения качества жизни.

Список использованных источников:

1. Jindal, V. A Deep Learning Framework to Monitor Heart Rate During Intensive Physical Exercise // MobileSOFT – 2016 - University of Texas, Dallas, TX
2. Lu G, Yang F, Taylor JA, Stein JF. A comparison of photoplethysmography and ECG recording to analyse heart rate variability in healthy subjects // J Med Eng Technol. 2009. -Vol. 33 (8). - P. 634 - 641.
3. Servati A. et al. Novel Flexible Wearable Sensor Materials and Signal Processing for Vital Sign and Human Activity Monitoring //Sensors. – 2017. – Т. 17. – №. 7. – С. 1622.
4. Алексеев, В. А. Фотоплетизмограф с импульсным источником интенсивного лазерного излучения / В. А. Алексеев, С. И. Юран, А. С. Перминов // Приборостроение – 2014 : материалы 7-й Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 19–21 нояб. 2014 г. / НАН Беларуси [и др.] ; редколл.: О. К. Гусев (пред.) [и др.]. – Минск, 2014. – С. 22–24
5. Макеева, В.С. Мониторинг физического состояния: учебное пособие / В.С. Макеева. – Орёл: Госуниверситет-УНПК, 2013. – 100 с.
6. Шугуров, О.А. Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы: учебное пособие для студентов II - V курсов специальности "Биологическая физика". — Днепрпетровск: ДНУ, 2007. — 57 с.