

СМАРТ-СИСТЕМА ПЕРСОНАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА

Осипов А. Н., Хазановский И. О., Котов Д. В., Фролов А. В., Пацев А. В., Пацев С. В.

Научно-исследовательская часть,

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Республиканский научно-практический центр «Кардиология»

Республиканский центр медицинской реабилитации и бальнеолечения

Городской клинический родильный дом № 2

Минск, Республика Беларусь

E-mail: osipov@bsuir.by, kotov@bsuir.by, frolov.minsk@gmail.com, paceev@yandex.ru, paceevserg@mail.ru

Рассмотрены принципы проектирования системы внегоспитального, вневрачебного мониторинга состояния человека. Изложены медицинские методики классификации физиологического состояния человека, определены соответствующие типы сенсоров биомедицинских сигналов, методов обработки и передачи анализируемой информации и принятия решения.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема охраны здоровья приобретает особую значимость для всего человечества в связи с ростом продолжительности жизни и старением населения в развитых странах, демографическим взрывом в странах третьего мира, ограниченными кадровыми и финансовыми ресурсами здравоохранения, обострением экологической ситуации и глобальной пандемией, вызванной коронавирусом SARS-CoV-2. Для решения данной проблемы правительства и представители крупного бизнеса вкладывают все большие средства в новые медицинские проекты, в том числе, реализованные на базе ИТ-технологий. Современный уровень информационно-коммуникационных технологий, основанных на технологиях 5G, анализа больших данных, искусственного интеллекта и интернета вещей предоставляет обширные возможности для развития электронного здравоохранения и, в частности, для дистанционной диагностики и мониторинга состояния органов и функциональных систем человека [1-2]. В связи с этим, создание и внедрение в медицинскую практику смарт-систем вневрачебного мониторинга состояния человека является актуальным.

Принцип построения СМАРТ-СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ

Мониторинг витальных (жизненно-важных) функций организма следует ориентировать на современные классификации функциональных состояний (интегральная характеристика жизнеспособности биологической системы на данный момент времени). С позиции физиологического подхода состояние физиологической нормы характеризуется удовлетворительной адаптацией организма к условиям внешней среды и наличием достаточных функциональных возможностей. По мере ухудшения здоровья физиологическая норма переходит в донологическое состояние с мобилизацией функциональных ресурсов организма и напряжением

регуляторных систем. Далее по мере истощения резервов регуляторных систем следует переход в преморбидное состояние (предболезнь), проявляющееся сниженными функциональными возможностями и неудовлетворительными адаптационными способностями. Данные состояния являются обратимыми. При срыве механизмов адаптации наступают болезненные необратимые изменения с развитием специфических патологических изменений на органно-системном уровне. С клинической точки зрения выделяют: условное здоровье, функциональные отклонения, пограничные состояния, хронические заболевания, стойкое ограничение жизнедеятельности (инвалидность), полную утрату функций и смерть.

Для планирования и оказания медицинской помощи важно выделять хронические состояния (артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца, сердечная недостаточность, обструктивная болезнь лёгких, сахарный диабет и др.), которые не требуют срочных вмешательств, и неотложные (критические) состояния (гипертонический криз, инфаркт миокарда, нарушения сердечного ритма, инсульт, сахарная кома, внезапная сердечная смерть и др.).

Естественно, что стратегической задачей мониторинга витальных параметров является идентификация предкризовых состояний и выработка тревожной сигнализации как для пациента, так и для медицинского персонала с целью принятия неотложных мер.

Следует отметить, что дисфункции и патологические состояния любой нозологии отражаются на эффективности системы транспорта O₂ и CO₂, соответственно данные параметры в обязательном порядке должны анализироваться смарт-системой.

Для разработки смарт-системы персонального мониторинга состояния здоровья человека требуется решить следующие ключевые задачи [3-5]:

- произвести выбор и интегрировать смарт-сенсоры контроля физиологического состояния человека в смарт-систему;
- адаптировать существующие и разработать новые диагностические протоколы, алгоритмы и методики применительно к используемым информационно-коммуникационным технологиям для реализации задач самоконтроля и индивидуальной дистанционной врачебной диагностики пользователей;
- разработать методы интегральной обработки биомедицинской информации с использованием технологии BigData и нейросетевого анализа. С помощью технологии интернета вещей и облачных технологий реализовать передачу информации от смарт-сенсоров в персональное мобильное устройство по беспроводным каналам связи и последующий обмен данными с врачебным вычислительным сервером.

В отличие от простых систем мониторинга, построенных на сравнении контролируемых витальных параметров с пороговыми значениями нормы, разрабатываемая смарт-система реализует алгоритмы нейросетевого анализа витальных параметров, что позволяет контролировать резервы регуляторных систем организма. Анализируется синергичность между физиологическим статусом организма и физической активностью.

В основу проектируемой системы мониторинга положен принцип минимума сенсоров, размещаемых на теле пациента при максимуме извлекаемой биоинформации. В качестве исходной биоинформации используются фотоплетизмографический сигнал, регистрируемый с пальца руки, и данные акселерометра. Данный набор сенсоров позволяет мониторить частоту сердечных сокращений (ЧСС), сатурацию O_2 (SpO_2), последовательность RR-интервалов, напряженность регуляторных систем организма и физическую активность пациента.

Синергичность характеризуется отношением $ЧСС/V$ или $ЧСС/N$, где V – скорость движения, N – мощность нагрузки. По данному отношению можно установить гиперактивность, нормаактивность, гипореактивность и ареактивность, согласно классификации A.Vein. Контролируются показатели $SpO_2(t)$, $ЧСС(t)$, $RR(t)$, $stress-index(t)$, $ЧСС/V(t)$, где t – индекс времени. Степень их физиологической важности ранжируется посредством весовых коэффициентов. Риск-стратификация пациента ранжируется по «принципу светофора»:

- предкризовые признаки не наблюдаются (зелёный);

- обнаружены кратковременные предкризовые признаки (жёлтый);
- обнаружены устойчивые предкризовые признаки (красный).

Специфической особенностью разрабатываемой смарт-системы мониторинга является контроль резервов регуляторных систем организма по данным динамики RR-интервалов, отражающих циклы сердечных сокращений. В вариациях RR-интервалов скрыта информация о состоянии симпатoadренальной и нейрогуморальной систем регуляции. Выделяются следующие типы резервов регуляции: резервы регуляции в норме, резервы регуляции снижены, истощение резервов регуляции, срыв регуляции. Интегральным показателем напряжённости систем регуляции служит стресс-индекс ($stress-index$). Именно снижение и истощение резервов регуляции предшествует критическим состояниям организма человека, однако в данном случае витальные параметры могут всё ещё находиться в пределах возрастной нормы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, разрабатываемая смарт-система, основанная на современных классификациях функционального состояния человека, методах регистрации, передачи и анализа биомедицинской информации, является основой для создания нового этапа электронного здравоохранения – дистанционных инженерно-технических средств контроля физиологического состояния человека. Внедрение данной системы в медицинскую практику позволит обеспечить адресность и эффективность оказания медицинской помощи большому числу пациентов, превентивно выявить лиц с высоким риском жизненно опасных патологий, своевременно принять решение об экстренном лечении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Brahmaji G; Sangeeta Viswanadham; Appala Srinivasu Muttipati; Om Prakash Samantray. E-Healthcare Monitoring System using IoT with Machine Learning Approaches. IEEE 2020.
2. Md Rakinul Amin Refat, Palvinderjit Kaur, Sathia Priya Ramiah. E-Healthcare-Personalized Health Monitoring System, International Journal of Current Research and Review, 2020, 150-154p.
3. Bikash Pradhan, Saugat Bhattacharyya, Kunal Pal, IoT-Based Applications in Healthcare Devices, Journal of Healthcare Engineering, 2021.
4. Md. Milon Islam, Ashikur Rahaman, Md. Rashedul Islam, Development of Smart Healthcare Monitoring System in IoT Environment, SN Computer Science, 2020, 185p.
5. Nora Mahmoud, Shaker El-Sappagh, Samir M. Abdelrazek, Hazem M. El-Bakry; A Real-time Framework for Patient Monitoring Systems based on a Wireless Body Area Network, International Journal of Computer Applications, 2020, 12-21p.