

Л.А. АВЕРЬЯНОВА, канд. техн. наук, *С.В. МОРОЗ*

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА В РЕАЛЬНОМ МАСШТАБЕ ВРЕМЕНИ

У цієї статті розглядаються проблеми моніторингу серцевої діяльності людини, коли дистанційний контроль проводиться за допомогою радіотелефону. Аналізуються параметри ЕКГ, які отримані як від стаціонарного ЕКГ обладнання, так і отримані від віддаленої контролюючої системи за допомогою радіотелефону. Порівнюються результати отримані цими двома методами. Надаються технічні рекомендації для впровадження дистанційних контролюючих ЕКГ-систем за допомогою радіотелефону.

This report is devoted to the problem of human heart's activity monitoring by remote control with using radio-telephone. At this report are analyzing the ECG parameters from stationary ECG equipment and from radio-telephone remote control system. There are the results of data comparison for these two methods. The technical recommendations are given for improvement of radio-telephone remote control ECG-system.

Постановка задачи. В настоящее время болезни сердечно-сосудистой системы являются одними из наиболее распространенных патологий [1]. Они часто приводят к инвалидности населения и лидируют среди основных причин смертности. Согласно статистическим данным, среди лиц трудоспособного возраста от этих заболеваний умирает 39% мужчин и 43% женщин [1]. Поэтому задача раннего выявления этих заболеваний является весьма актуальной. Широко известен факт негативного влияния разнообразных стрессовых факторов, которые способствуют появлению этих заболеваний [2, 3]. Раннее выявление нарушений в работе сердечно-сосудистой системы имеет особое значение для лиц, труд которых напрямую связан с повышенными стрессами (летчики-испытатели, машинисты поездов, водители, спортсмены и т.п.). Одним из способов выявления нарушений в работе сердечно-сосудистой системы является ее дистанционное мониторинговое в процессе производственной деятельности этих категорий людей. Установлено, что дистанционное мониторинговое групп риска позволяет в 18 раз удешевить наблюдение за этими категориями людей при фактическом сбережении уровня качества медицинского обслуживания [2, 4]. В случае дистанционного мониторингового оборудование может отслеживать один или несколько физиологических параметров, наиболее характерных для конкретного заболевания, например, параметры ЭКГ.

В настоящее время стремительно развиваются системы технического обеспечения дистанционного мониторингового сердечной деятельности, в том числе и в условиях производственной деятельности.

В этом отношении с технической и экономической точки зрения применительно к условиям Украины хорошо зарекомендовала себя система мониторинга ЭКГ с использованием передачи информации по телефонной линии. В этом случае предусматриваются специальные приставки к радиотелефону [5].

Анализ литературы. В настоящее время в мире известны телефонные мониторинговые системы различного класса и функциональных возможностей.

Портативный регистратор ЭКГ в 1 отведении «CardioPocket» [6] используется больными с нарушениями ритма сердца для удаленного контроля. Регистрирующая система встроена в обычный бумажник и в случае необходимости просто прикладывается к груди. Звуковой сигнал при этом передается через трубку обычного или сотового телефона в телемедицинский центр для срочной консультации.

Снятие и передачи ЭКГ в 12 стандартных отведениях может производиться с помощью «CardioBeeper» СВ-12L [4]. Поступающая в центр мониторинга цифровая информация обрабатывается специальной компьютерной программой «CardioVision» и визуализируется, на основании этого врачи делают свое заключение.

Эффективность транстелефонного мониторингования оказалась таковой, что некоторые фирмы, например «GeoLink Electronics», разработали системы удаленного контроля функционирования имплантированных кардиостимуляторов [5]. Такие системы позволяют проверять состояние батарей, правильность осуществления функций синхронизации и т.д. Удобство пользования регистратором ЭКГ возрастает при наличии в нем оперативной памяти, что позволяет зарегистрировать ЭКГ и передать ее с некоторой задержкой.

В некоторых приборах предусмотрена возможность электрического подсоединения к телефонной линии. Примером может служить оборудование, разработанное в рамках европейского проекта Safe 21 [2]. В этом случае датчики, измеряющие температуру тела, давление крови, парциальное давление кислорода, ЭКГ и функции дыхания, соединены с настольным монитором, который в свою очередь, автоматически отправляет записанные данные в контрольный центр.

Аналогичная приставка к телефону используется фирмой SHL [6]. В ней используются датчики для измерения давления крови, параметров дыхательной системы, веса тела и пульсоксиметрии. Указанные параметры включены в систему мониторинга больных с сердечной недостаточностью. Собранные в течение определенного периода времени данные автоматически анализируются и в случае каких-либо отклонений сотрудники центра мониторинга немедленно оповещают об этом пациента и вносят соответствующие коррективы в лечение. В этих двух системах предусмотрена возможность срочной связи пациента с центром. В последнем варианте – это наручные часы со встроенным

чувствительным микрофоном, кнопкой экстренного вызова и радиопередатчиком.

Фирма «СЛБ» (Россия) разработала свой вариант отдаленного мониторинга пациента через телесалон [2, 7]. После очного диагностического обследования пациент арендует или приобретает комплекс персонального оборудования, реализующего до 9 неинвазивных диагностических методов: электро- и сейсмокардиографию, вазо- и спирографию, термо- и импедансодерматографию, артериальную безманжетную тонографию для диагностики сердечно-сосудистой, дыхательной, центральной и вегетативной нервной систем. Связь осуществляется через специальную приставку к обычному или радиотелефону, где предусмотрена функция автодозвона.

Все эти рассмотренные системы достаточны дороги. Кроме того, в Украине отсутствуют специализированные центры телемедицины, которые обслуживали бы таких пациентов. Но в тоже время имеются отдельные попытки применения дистанционного мониторингования состояния сердечной системы в процессе производственной деятельности человека.

Целью изучения являлся анализ технических особенностей дистанционного контроля сердечной деятельности человека по данным телефонного ЭКГ-мониторирования в процессе производственной деятельности.

Материалы исследования. Новые разработки аппаратуры для регистрации ЭКГ позволили создать регистраторы ЭКГ индивидуального пользования и, по сути, развить новый вид ЭКГ-исследования: телефонное мониторирование ЭКГ (аутотрансляция). Телефонное мониторирование ЭКГ (ТМ ЭКГ) – способ динамического наблюдения за ЭКГ амбулаторных пациентов, при котором пациент самостоятельно обслуживает регистратор-передатчик ЭКГ, а сигнал ЭКГ для анализа передается по телефону [8].

ТМ ЭКГ не является конкурентом ни одному из известных электрокардиографических методов, однако она позволяет зарегистрировать ЭКГ тогда, когда сделать это другими способами невозможно. Известны случаи, когда неоднократные амбулаторные (холтеровские) мониторирования ЭКГ не позволяли выявить существенных нарушений сердечного ритма, в то время, как регистрация ТМ ЭКГ во время дискомфорта выявляла их.

Перед началом процедуры ТМ ЭКГ всегда необходимо провести тщательное ЭКГ-обследование человека в клинических условиях и считать полученные ЭКГ эталонными для последующих исследований.

При проведении ТМ ЭКГ могут быть различные ситуации, препятствующие качественной регистрации ЭКГ, и, следовательно, снижающие достоверность полученной информации.

Была изучена диагностическая информация, полученная при мониторинге сердечной деятельности 150 машинистов «Укрзалізниці» в процессе их

производственной деятельности. Данные ЭКГ получены при помощи системы телефонного мониторинга «Radioholter» [2].

При анализе данных выявлены основные факторы, определяющие параметры сигнала при ТМ ЭКГ – как, человеческие, так и технические.

Человеческие факторы были обусловлены физиологическими особенностями пациента:

- обучаемостью пациента при работе с регистратором-передатчиком ЭКГ;
- влиянием различных форм мышечного тремора или повышенного тонуса скелетной мускулатуры во время регистрации ЭКГ.

Снизить влияние человеческого фактора на качество регистрируемой ЭКГ можно, обучив пациента правильно накладывать электроды, выработав у него устойчивые навыки использования индивидуального регистратора-передатчика ЭКГ. Проблему неправильного позиционирования электродов можно решить, усовершенствовав сервисные возможности датчика. Если датчик будет подавать звуковой или световой сигнал о несоответствующем уровне ЭКГ-сигнала, то это, скорее всего, будет сигнализировать о неправильном его размещении или плохом контакте. Такую сигнализацию можно реализовать, применяя данные эталонной ЭКГ.

Поскольку влияния повышенного тонуса мышц или их тремора избежать не удастся, то это проблему можно рассматривать как техническую и решать ее путем усовершенствования системы крепления электродов.

Технические факторы, влияющие на качество дистанционно записываемой ЭКГ, определяются следующим:

- типом датчика, в том числе его сервисными возможностями;
- видом связи датчика с передатчиком;
- количеством отведений при съеме диагностической информации;
- способом передачи сигналов от n отведений в реальном масштабе времени;
- типом телефонного канала связи.

Итак, первый технический фактор – это датчик. Современная техника предоставляет выбор разных индивидуальных регистраторов-передатчиков ЭКГ от простейших до многоканальных. Это позволяет найти компромисс между простотой регистрации ЭКГ и объемом получаемой информации. Использование датчиков, которые могут сигнализировать о неплотном прилегании электрода или о его неправильном размещении, позволит существенно улучшить качество получаемых ТМ ЭКГ. Вопрос совершенствования конструкции датчиков, повышение их чувствительности, сервисных возможностей – это задачи, постоянно стоящие перед разработчиками медицинской техники.

Второй технический фактор, влияющий на качество ЭКГ, получаемой дистанционно, это связь между датчиком и первым приемным устройством в дистанционной системе передаче ЭКГ-сигнала. Использование акустической

связи между излучателем ЭКГ-сигнала и микрофоном радиотелефона ведет к возникновению дополнительных артефактов. Само по себе такое решение допустимо, но в комбинации с аналоговой передачей данных оно приводит к тому, что качественные электрокардиограммы становятся исключением, но не правилом. В этом случае ЭКГ будет существенно зашумленная, заставляющая доктора гадать о том, что происходило во время исследования. Использование проводной связи «датчики–радиотелефон» весьма неудобно в процессе производственной деятельности человека, поскольку приводит к ограничению свободы его перемещений и возможности обрыва проводов, но в тоже время проводная связь не вносит дополнительных артефактов. Замена проводной связи между датчиком и радиотелефоном приводит к необходимости превращения датчика каждого из отведений в передатчик ЭКГ-сигнала. Применение беспроводной радиосвязи между передатчиками ЭКГ-сигнала и радиотелефоном рождает новые проблемы, связанные с идентификацией канала передачи от каждого отведения. В этом случае приставка радиотелефона выполняет не только роль коммутатора, но превращается в многоканальный приемник. Это в свою очередь приводит к возникновению артефактов за счет внешних радиопомех. Поэтому оптимальным с точки зрения получения качественного ЭКГ-сигнала является проводное соединение датчиков с приставкой радиотелефона.

Третьим фактором, влияющим на качество передаваемой ЭКГ, является связь между радиотелефоном и стационарным телефоном. В случае отсутствия связи между ними возможна ситуация, когда вместо ЭКГ-сигнала будет передаваться случайный сигнал, а тогда только опыт оператора поможет отличить технические проблемы от кардиологических. Было бы желательно, если бы приемная аппаратура (стационарный телефон) имела в своем составе блок, подтверждающий наличие устойчивой связи между излучателем ЭКГ-сигнала (радиотелефоном) и стационарным телефоном.

Еще одной проблемой, возникающей при регистрации ЭКГ-сигнала, является количество используемых отведений ЭКГ-сигнала. Если используется не одно, а несколько отведений, то возникает проблема несинхронной передачи данных от различных отведений по одному каналу связи. В этом случае необходимо использовать запоминающее устройство для записи ЭКГ у регистратора. Это позволит с помощью простейшего одноканального регистратора-передатчика ЭКГ последовательно зафиксировать ЭКГ нескольких отведений, а передачу их осуществлять не в режиме on-line, а в соответствии с протоколом работы устройства.

Следующим техническим фактором, определяющим работу системы ТМ ЭКГ, является сама линия связи, она может быть как аналоговой, так и цифровой. В настоящее время в Украине в основном используются аналоговые линии связи, которые вносят существенные искажения в передаваемую

информацию. Поэтому использование цифровой линии связи оказывается единственно приемлемым вариантом для проведения сеанса ТМ ЭКГ.

Анализ медицинских аспектов работы систем ТМ ЭКГ показывает, что в 60 – 70% вмешательство в поведение испытуемых не требуется. В 10% случаев данные ТМ ЭКГ являются основанием для экстренного вмешательства врача или для госпитализации обследуемого [5, 6]. Естественно, в этих ситуациях ТМ ЭКГ позволяет существенно ускорить принятие врачебных решений, оптимизировать организацию оказания медицинской помощи и, следовательно, является эффективным методом наблюдения сердечной деятельности.

Выводы. В заключение необходимо отметить, что дистанционный анализ ЭКГ до сих пор является развивающимся направлением функциональной диагностики, во многом не исчерпавшим своих возможностей, как по широте охвата пациентов, так и по предоставляемому врачами сервису. Использование ТМ ЭКГ позволяет повысить безопасность персонала, работающего в стрессовых ситуациях, а, с другой стороны, своевременное выявление персонала с нарушениями сердечно-сосудистой деятельности позволит отстранить его от работы, связанной с обслуживанием большого количества других людей, тем самым, обезопасив их жизни. Хотелось бы, что бы обследования такого вида проводились для различных категорий работников. При устранении технических недостатков дистанционный телефонный мониторинг ЭКГ станет перспективным направлением функциональной диагностики.

Список литературы: 1. Руководство по кардиологии / Под ред. *Е.И.Чазова*. В 4-х томах. – М.: Медицина. – 1996. 2. *А.И. Григорьев, О.И. Орлов, В.А. Логинов и др.* Клиническая телемедицина. – М.: Слово. – 2001. – 144 с. 3. Курс лекций по клинической кардиологии / Под ред. *В.И. Целуйко*. – Харьков: Гриф. – 2004. – 576 с. 4. *Кебриков О.Б.* 189 телемедицинских проектов по всему миру // Комп. технол. в медицине. – 1997. – №3. – С. 74–79. 5. *Grigsby J., Sanders J.H.* Telemedicine: Where it is and where it is going // *Ann. Intern. Med.* – 1998. – Vol. 128. – № 2. – P. 234–241. 6. *Hous A.M., Roberts J.M.* Telemedicine in Canada // *Can. Med. Assoc. J.* – 1997. – Vol. 48. – № 4. – P. 341–346. 7. *Столяр В.Л., Сельков А.И., Лядов К.В., Моисеев Г.Ф., Бармотин Г.В.* Телемедицинская сеть Российской Федерации // Экономика здравоохран. – 1999. – № 7–8. – С. 22–27. 8. *Камаев И.А., Леванов В.М.* Телемедицина: история, настоящее, перспективы // Нижегород. мед. журнал. – 2000. – №3. – С. 92–100.

Поступила в редакцию 11.04.2005