

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО ИССЛЕДОВАТЕЛЯ НА ПРИМЕРЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ МНОГОЭЛЕКТРОДНОГО КАРТИРОВАНИЯ МИОКАРДА¹

Москаленко А.В., Медвинский А.Б., Тихонова И.А.,
Сидоров В.Ю., Кукушкин Н.И., Косарский Л.С., Стармер Ч.Ф.
(Пушино)

1. Введение.

1.1. Автоволны в сердце.

Миокард являет собою пример возбудимой среды с восстановлением. Возбуждением в таких средах называют процесс переключения элементов среды из высокоэнергетического состояния в состояние с низким содержанием энергии [1]. Во многих случаях такой процесс способен распространяться по среде, формируя волну возбуждения (автоволну). Поскольку автоволна поддерживается за счет распределенного источника энергии, ее форма, амплитуда, скорость и другие параметры зависят только от свойств самой среды и в однородных средах сохраняются постоянными. Сердечная ткань, однако, характеризуется существенной неоднородностью, что создаёт условия для возникновения аномальных источников возбуждения и нарушений сердечного ритма, нередко являющихся причиной внезапной смерти [3].

1.2. Аритмии и многоэлектродное картирование миокарда.

Опасные для жизни аритмии часто обуславливаются циркуляцией волн возбуждения [2]. Профилактика и лечение таких состояний требует умения воздействовать на автоволновые процессы в сердце. Исследование механизмов возникновения аритмий требует детального анализа пространственно-временных распределений мембранного потенциала. Для регистрации и визуализации этих распределений применяют, в частности, метод многоэлектродного картирования миокарда [5, 6].

Метод многоэлектродного картирования миокарда заключается в длительной регистрации электрической активности миокарда одновременно во многих точках препарата для последующего восстановления картины пространственно-временной организации процесса возбуждения.

Кроме этого, регистрацию приходится синхронизировать с электрическими воздействиями на препарат, необходимыми как для поддержания как нормального функционального состояния препарата (базовая стимуляция), так и для формирования специфических состояний, определяемых экспериментальной задачей (тестирующие воздействия).

1.3. Постановка задачи.

По ходу эксперимента исследователю-экспериментатору неизбежно приходится вести протокол, определять параметры состояния препарата, проводить регистрацию динамики состояния препарата под воздействием наносимых тестирующих импульсов и т.п.. Необходимо также иметь возможность быстро определять ценность получаемых данных с целью последующей корректировки режима функционирования препарата. Все эти задачи в комплексе решаются при

¹ Работа поддержана CRDF (грант RBI-166) и Медицинским университетом Южной Каролины (грант MUSC RB0-676, полученный через CRDF).

помощи автоматизации исследования на базе применения современной компьютерной техники и технологии.

Идея автоматизации процесса проведения эксперимента и последующего анализа экспериментальных данных получила наиболее широкое распространение со времени массового внедрения дешевых персональных ЭВМ, и к настоящему времени уже накоплено достаточное количество реализаций автоматизированных рабочих мест (АРМ) исследователя-экспериментатора. Тем не менее, каждая такая конкретная реализация неизбежно обладает специфическими особенностями, обусловленными специфичностью решаемых экспериментальных задач, и таким образом, представляет самостоятельный интерес.

2. Экспериментальная установка многоэлектродного картирования миокарда.

На основании опыта использования установки «Волна», сконструированной и реализованной в Институте биологической физики [4], нами была разработана новая аппаратно-программная реализация экспериментальной установки для многоэлектродного картирования миокарда.

В рамках АРМ пришлось решать следующие задачи:

2.1. Высокочастотная регистрация и накопления данных (раз в миллисекунду пакетами по 64 экземпляра с частотой 100 кГц в пакете) в режиме реального времени при непрерывном управлении электрической стимуляцией препарата.

В наших экспериментах с этой целью обычно используются две матрицы униполярных внеклеточных электродов (по 32 электрода в каждой). Отдельный пакет представляет собою результат считывания данных регистрации мгновенного состояния препарата. Регистрация динамики функционального состояния препарата производится на частоте 1000 пакетов в секунду. В связи с этим требуется обеспечение быстрой оцифровки и записи состояния множества точек миокардиальной поверхности.

Для осуществления такого режима мы использовали распределенную вычислительную систему, состоящую из микрокомпьютера L1250 (ведомая машина) с сигнальным процессором ADSP2105 [11] и персонального компьютера (ведущая машина) с процессором I486. Микрокомпьютер L1250 является разработкой фирмы L-Card, он устанавливается непосредственно в ISA-разъем на системной плате IBM-совместимой машин; поддерживает обмен данными с ведущим компьютером по DMA; имеет специальный порт команд для получения управляющих запросов от ведущего компьютера [9].

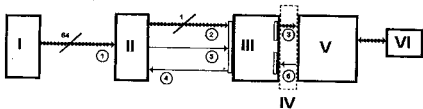


Рис. 1. Функциональная блок-схема разработанной экспериментальной установки. Обозначения римскими цифрами: I - источник данных, многоэлектродная матрица; II - мультиплексор; III - микрокомпьютер L1250; IV (пунктиром) - ISA-разъем; V - персональный компьютер; VI - устройство внешнего хранения информации. Обозначения арабскими цифрами в кружках: 1 - 64-разрядный канал данных; 2 - 1-разрядный канал данных; 3 - передача данных на ведущий компьютер; 4 - TTL-импульсы для синхронизации мультиплексора (частота 1 кГц); 5 - TTL-импульсы для синхронизации L1250 (частота 100 кГц); 6 - запросы от ведущего компьютера в порт команд L1250.

Программа для L1250 написана на языке Assembler для ADSP2105 [10]; она поддерживает FIFO-буфер для предупреждения случайной потери данных в процессе их передачи на ведущую машину.

Программа для персонального компьютера написана на Object Pascal; часть кода написана с использованием встроенного ассемблера. Частично использовались функции стандартного фирменного драйвера.

2.2. Автоматизация ведения протокола эксперимента.

В протоколе автоматически регистрируется время и параметры наносимых воздействий, а также время и параметры сохраняемых записей. Возможна вставка свободного текста комментария. Разработан специальный формат протокольного файла, облегчающий сортировку и поиск требуемых протокольных регистраций и поддерживающий некоторые механизмы безопасности хранения данных.

2.3. Реализация различных средств визуализации первичных данных с целью экспресс-оценки их научной значимости.

В качестве таких средств используются а) псевдо-ЭКГ [7,8]; б) временная развертка сигнала отдельно от каждого электрода; в) мгновенная картина пространственного распределения сигналов под каждой матрицей электродов.

2.4. Выбор пользовательского интерфейса.

С целью упрощения решения этой задачи использован стандарт графического интерфейса пользователя [12]. Программа разрабатывалась для работы в операционной среде Windows 3.1 [13]. Разработка ПО осуществлена в среде программирования Delphi 1.0 [15] с использованием объектно-ориентированной технологии [14].

2.5. Удешевление организации АЦП.

Микрокомпьютер L1250 имеет встроенный АЦП с 16 дифференциальными каналами (или 32 с общей землей). Таким образом, для оцифровывания данных с 64 электродов требуется, как минимум, две таких платы. С целью удешевления проекта применяется один L1250; для этого все 64 канала мультиплексируются на один канал АЦП.

3. Обсуждение.

Главным усовершенствованием по сравнению с прежней версией экспериментальной установки многоэлектродного картирования миокарда является создание интегрированной среды, базирующейся на многооконном интерфейсе и объединяющей в одном приложении такие функции, как мониторингирование и управление ходом эксперимента, получение, сохранение, обработка и удобная визуализация получаемых данных. Нам удалось преодолеть один из существенных недостатков прежней системы: ограничение на длину записи (4 секунды при использовании 64 электродов на частоте опроса 1kHz). В новой системе использование прямой записи на диск через канал прямого доступа к памяти снимает подобное ограничение; теоретически, длина одной записи может достигать нескольких часов, на практике достаточно десятков секунд (обычное время длительности одной экспериментально вызванной аритмии).

Создаваемые удобство и комфорт существенны при проведении многочасовых экспериментов

Усовершенствованная версия установки значительно расширяет возможности экспериментатора в исследовании механизмов нарушения ритма сердца и в поисках эффективных средств предотвращения сердечных аритмий.

Литература.

1. Кринский В.И., Жаботинский А.М. // Автоволновые процессы в системах с диффузией. — Горький, 1981. — С.6-31.
2. Медвинский А.Б., Перцов А.М., Полищук Г.А., Фаст В.Г. // Электрическое поле сердца. — М.: СЭВ, 1983. — С.38-51.
3. Кринский В.И., Медвинский А.Б., Паифилов А.В. Эволюция автоволновых вихрей. — М.: "Знание", 1986.
4. Барилко Ш.И., Кринский В.И., Перцов А.М., Турчин Л.А. // Автометрия. — 1986. — №3,25.
5. Арискин Н.И., Барилко Ш.И., Измайлов Е.Е., Косарский Л.С., Кринский В.И., Медвинский А.Б., Перцов А.М., Турчин Л.А., Фаст В.Г. // Новости медицинской техники. — 1983. — В.2. — С.8-11.
6. Сидоров В.Ю., Москаленко А.В., Саранча Д.Ю., Кукушкин Н.И., Медвинский А.Б. // II открытая городская научная конференция молодых ученых города Пушкино. — Пушкино, 1997. — С.147-148.
7. Кукушкин Н.И., Сидоров В.Ю., Медвинский А.Б., Москаленко А.В., Саранча Д.Ю., Стармер Ч.Ф. // Сравнительная электрокардиология-97. — Сыктывкар, 1997. — С.34-35.
8. Кукушкин Н.И., Сидоров В.Ю., Медвинский А.Б., Ромашко Д.Н., Бурашников А.Ю., Стармер Ч.Ф., Саранча Д.Ю., Баум О.В. // Биофизика. — 1998. — Т.43. — Вып.6.
9. Платы серии L-1250 и N-1250: Техническое описание и инструкция по эксплуатации. — АО "L-card", 1996.
10. ADSP-2100 Family. Assembler Tools & Simulator Manual, Analog Devices, Inc., printed in USA. — 1994.
11. ADSP-2100 Family User's Manual, Analog Devices, Inc., printed in Canada — 1995.
12. Минаси. Графический интерфейс пользователя. Секреты проектирования. — М.: Мир, 1996.
13. Мэтт Питрек. Внутренний мир Windows™. Реализация операционной среды Windows. — Киев: ДиаСофт Лтд., 1995.
14. Ирз Пол. Объектно-ориентированное программирование с использованием C++. — Киев: ДиаСофт Лтд., 1995.
15. Рэй Конопка. Создание оригинальных компонент в среде Delphi. — Киев: ДиаСофт Лтд., 1996.