

КОМПЬЮТЕРНАЯ ОБРАБОТКА БИОМАГНИТНЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Сосницкий В.Н.

Институт кибернетики им.В.М.Глушкова, г. Киев , Украина

Недостаточная информативность, а иногда и опасность общепринятых методов исследования сердечно-сосудистой системы, функции миокарда и его проводящей системы, зачастую приводят к поздней диагностике заболевания и подбору недостаточно эффективной терапии. Это диктует необходимость создания и внедрения в клиническую практику новых неинвазивных технологий с использованием высокочувствительных измерительных систем и современных методов компьютерной обработки информации. Одной из таких технологий являются биоманнитные исследования.

Создание сверхчувствительных магнитометрических систем на основе СКВИДов (Сверхпроводящих Квантовых Интерференционных Детекторов) стимулировало исследования, связанные с пространственным анализом магнитных полей, создаваемых источниками различной физической природы. К настоящему времени наиболее широкое применение сквид-магнитометры нашли при изучении магнитных полей, порождаемых биотоками человека, (исследование сердца, мозга и т.д.).

Принято считать, что история магнитокардиографии (МКГ) начинается с 1963 года, когда Baule G и McFee впервые измерили параметры магнитного поля сердца человека. В течение нескольких десятилетий во многих лабораториях были созданы различные модели магнитокардиографов . Некоторые из них даже устанавливались в клиниках. Однако практическое использование МКГ для медицинской диагностики началось только в последние годы , когда стало возможным включать мощную компьютерную обработку непосредственно в технологический процесс на всех этапах измерения , обработки , отображения и интерпретации МКГ сигналов. В результате длительного сотрудничества нашей биоманнитной лаборатории с клиницистами Кардиологического центра им. Н.Д.Стражеско [1] сформированы четыре этапа анализа МКГ сигнала:

- анализ морфологии кривых МКГ, записанных в точках наблюдения пространственной сетки, с измерением их амплитудных и временных параметров;
- визуальный анализ мгновенных карт распределения параметров магнитного поля на протяжении кардиоцикла;
- цифровая и статистическая обработка карт магнитного поля;
- локализация источников аритмогенной активности.

Разработанные нами методики клинического применения МКГ базируются на анализе степени негетогенности карт магнитного поля в тех или иных временных интервалах кардиоцикла. Следует отметить , что на высокую диагностическую информативность карт магнитного поля, построение которых

стало возможным только благодаря использованию компьютера, начали обращать внимание и другие исследователи.

Независимо от того, используется ли дорогостоящий многоканальный магнитокардиограф, или как в нашем случае более доступный одноканальный [2], требуется компьютерная обработка достаточно больших объемов информации. Это первичная обработка и информационный анализ сигналов, их фильтрация и накопление в процессе измерений; автоматическая интерполяционная обработка массивов сигналов и построение динамических магнитных карт; решение обратной математической задачи с целью вычисления параметров эквивалентного магнитного диполя и траектории его движения; статистическая обработка результатов измерений. Использование в качестве измерителя одноканального сквид-градиометра предопределяет кроме того необходимость включения, в качестве этапа обработки данных, процедуры усреднения, которая позволяет решить две задачи: улучшить соотношение сигнал/шум; синхронизировать сигналы МКГ, записанные в различных точках пространственной сетки. Суть алгоритма усреднения заключается в накоплении измеряемого сигнала, которое осуществляется с помощью некоторой синхронизирующей периодической последовательности.

В качестве синхронизирующей последовательности в магнитокардиографе использован сигнал ЭКГ второго отведения, алгоритм предполагает селективное усреднение магнитокардиосигнала. Задача же селективного усреднения состоит в том, чтобы разбить исходный временной ряд электрокардиосигнала (ЭКГ) на отдельные комплексы, а затем отображать подобные комплексы в различные группы по критериям подобия, исключая при этом артефакты и нетипичные комплексы. В дальнейшем усреднение проводится уже внутри найденных групп отдельно для каждого кластера. Применение процедуры селективного усреднения сигнала обязательно в случаях нарушений ритма сердца, когда нормальные синусовые комплексы чередуются с экстрасистолами или с ненормальными комплексами, тахикардией, вызванные различными этиологическими факторами. Программа селективного усреднения магнитокардиосигналов работает в режиме off-line и оперирует данными, хранящимися в файлах на магнитных носителях персонального компьютера. В этих файлах содержатся синхронные отсчеты ЭКГ второго отведения и МКГ в данной точке измерения. Длительность непрерывной записи в зависимости от требуемого качества усредненного сигнала составляет 30-120 сек. Файл усредненных записей строится автоматически после выбора пользователем соответствующих критериев. Например, можно построить файл, где будут усреднены все комплексы определенной группы (все синусовые комплексы или все экстрасистолы определенной топки и т.д.) - соответствующие МКГ отсчеты в каждой группе суммируются и при этом не учитывается какой комплекс предшествовал данному и какой следовал за ним.

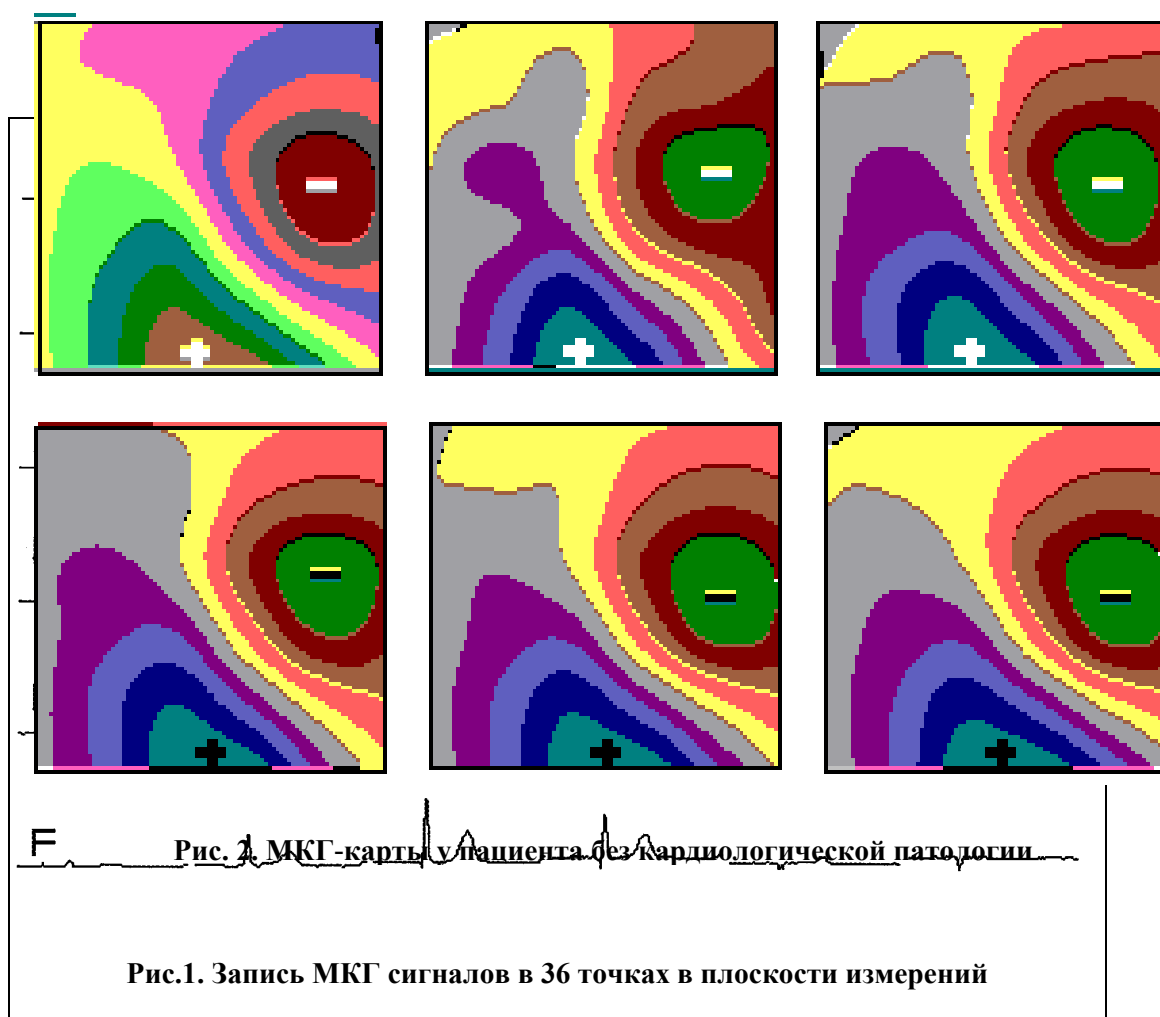
Используется также возможность получения усредненной пары комплексов, например, пары синусовый комплекс - экстрасистола. Это особенно важно для изучения электрофизиологических особенностей функционирования миокарда, так как позволяет изучать электрофизиологические предпосылки нестабильности миокарда, приводящие к возникновению нарушений сердечного

ритма. В результате работы программы усреднения появляются файлы данных, содержащие синхронные (относительно R зубца второго отведения ЭКГ), отсчеты магнитокардиосигналов в соответствующих точках пространственной сетки измерений. Усредненные записи позволяют исследовать пространственную динамику изменения магнитного поля сердца на протяжении типичного кардиоцикла, но информация о вариабельности магнитокардиосигналов от цикла к циклу теряется. Поэтому, наряду с усредненными записями, предусмотрен доступ к исходным длительным записям для исследования их методами анализа временных рядов .

При проведении биомагнитных исследований сердца человека с помощью одноканальной магнитометрической системы точками наблюдения являются узлы пересечения прямоугольной сетки, которая имеет привязку к анатомическим ориентирам грудной клетки каждого испытуемого. Число точек измерения равно 36, с шагом 4*4 см. Таким образом, в результате измерений и предварительной обработки данных мы имеем наборы значений параметров магнитного поля в узлах пространственной сетки над грудной клеткой пациента (Рис. 1). Визуализация этих данных на экране ПЭВМ дает исследователю дополнительную информацию о протекающих электрофизиологических процессах в миокарде. Так как количество узлов на измерительной сетке ограничено, для решения задач локализации зон патологической активности миокарда и для построения мгновенных карт распределения индукции магнитного поля сердца необходимо провести гладкое восполнение и интерполяцию функции двух переменных в точках, не являющихся узлами. На этом этапе уже возможно автоматическое построение на экране ПЭВМ “картин” распределения параметров магнитного поля сердца в плоскости измерений . Магнитные карты содержат очень важную диагностическую информацию. Уже по виду магнитных карт можно судить о наличии или отсутствии патологии (Рис.2 и Рис.3) . Алгоритм позволяет также после просмотра карт магнитного поля выбрать из них в любом порядке (все или часть) те, которые необходимы для дальнейшей обработки.

В последние годы одним из этапов исследований, который позволяет получить принципиально новую информацию об физиологии сердца, является локализация биомагнитного источника.

Для этого необходимо решить обратную магнитостатическую задачу,



поскольку частотный диапазон биомagnetных сигналов близок к нулю. Источник возбуждения сердца моделируется как магнитный диполь, координаты которого вычисляются. Для решения этой задачи в Институте кибернетики разработаны новые аналитические методы [3].

Программное обеспечение, которое реализует метод локализации источника поля, позволяет отображать графически на экране ПЭВМ положения вектора магнитного момента источника и его координаты, а также построить в автоматическом режиме траекторию его движения (например, за время усредненного кардиоцикла).

Только использование в биомagnetных исследованиях всего арсенала современных средств обработки информации с помощью ПЭВМ позволило получить принципиально новые знания и выйти на качественно новый уровень диагностики.

На основе результатов обследования с помощью разработанных методик нескольких сотен пациентов Министерством здравоохранения Украины изданы методические рекомендации, в которых обоснованы следующие показания для направления больных на магнитокардиографические обследования:

1. Определение риска возникновения наджелудочковых аритмий.
2. Уточнение механизма возникновения аритмий.
3. Прогнозирование эффективности антиаритмической терапии.
4. Локализация дополнительных путей проведения.
5. Диагностика ишемии миокарда, оценка ее выраженности.

1. В.А.Бобров, А.В.Гапелюк, В.И.Козловский, П.И.Сутковой, М.А.Примин, Ю.Д.Минов, Магнитокардиография: Инструментальные средства и первое клиническое применение Украинский кардиологический журнал, 1995, N 2,-с5-14
2. Sosnitsky V.N., Voitovich I.D. Application of Superconducting Electronics to Registration of

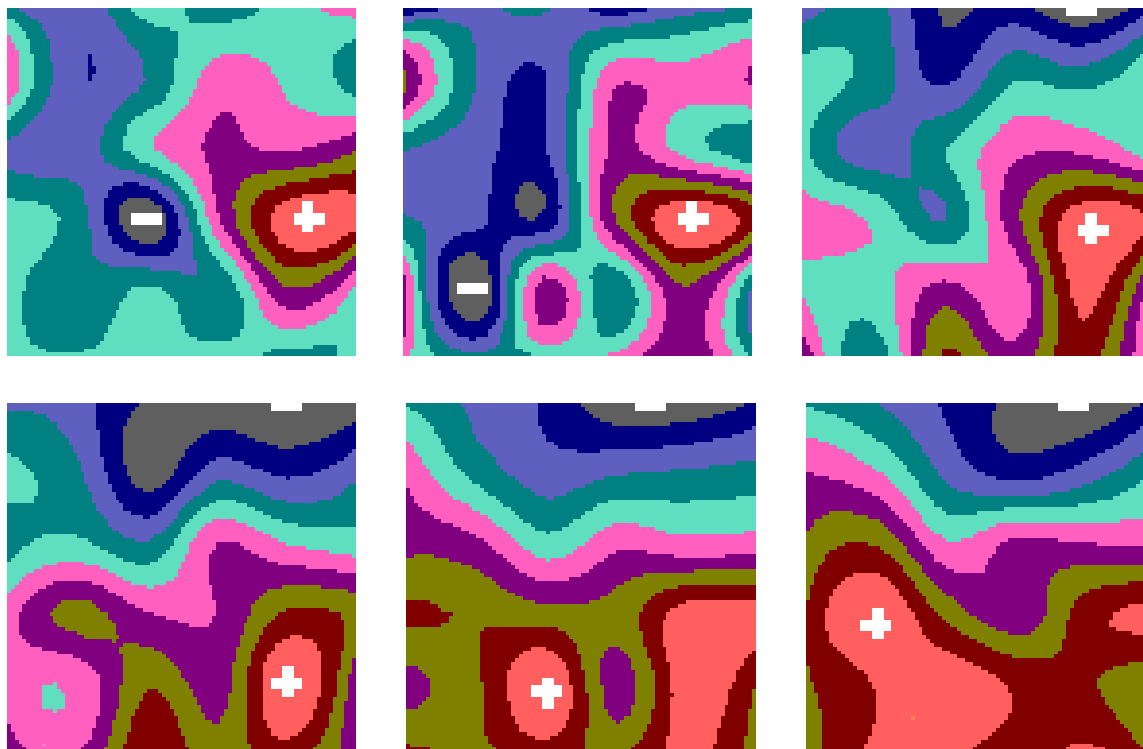


Рис.3. МКГ-карты внутри ST-T интервала у пациента с кардиомиопатией

Biomagnetic signals . Journal de Physique IV Colloque 3, supplement au Journal de Physique III, vol. 6, avril 1996, Belgium, p. c3417- c3422

3. М.А.Примин, И.В.Недайвода. Новые алгоритмы обработки биоманнитных сигналов // УСиМ.- 1995.-N3.с.3-12