

МАТЕРИАЛЫ СИМПОЗИУМА «ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНЕ»

V.Marik

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ И КОНТРОЛЯ *Czech Technical University, Prague, Czech Republic*

Цифровые технологии стали проникать в нашу повседневную жизнь в 40-ых годах прошлого века с изобретением электронных ламп. Прогресс в этой области подстегивался нуждами технологии радаростроения и разработкой первых цифровых компьютеров во время 2-ой мировой войны. В последние 60 лет во всех областях, где необходима обработка и передача сигнала, а также принятие решения на основании входящих сигналов, можно отчетливо проследить переход от аналоговых технологий к цифровым. Это можно легко продемонстрировать, например, в области мобильной телефонии (этот переход полностью завершился в начале 90-х), телевидения (мы переживаем период массивного перехода к цифровым технологиям в полном смысле этого слова) или в области видеозаписи (системы DVD активно вытесняют видеокассеты).

У цифровых устройств имеется две немаловажные возможности.

- А. Развитие электронных компонентов (от электронных ламп, диодов и транзисторов, простых логических схем к сверхбольшим интегральным схемам), средств памяти (от магнитных сердечников к высокоинтегрированным чипам) от узкополосных аналоговых систем к широкополосным цифровым устройствам в области телекоммуникаций;
- Б. Развитие алгоритмов предварительной обработки сигнала (быстрое преобразование Фурье, Вейвлет преобразование и т.д.), алгоритмов распознавания образов, основанных на принципах искусственного интеллекта, основанные на статистике алгоритмы принятия решения, в том числе базирующиеся на природных принципах (нейрональные сети и т.п.).

Почему продвижение от аналоговых технологий к цифровым представляется столь естественным и неизбежным?

I Может быть использовано гораздо больше комплексных алгоритмов обработки сигнала и принятия решения. Эти алгоритмы базируются на применении накопленных знаний и большом объеме информации, сохраняемой в обширных и высокоскоростных запоминающих устройствах.

II Может быть достигнута гораздо большая точность и скорость принятия решения.

III Можно достичь гораздо более высокого уровня защиты от шума и активных повреждений сигнала (например, в случае внешних вторжений в сеть), в частности, с помощью кодирования информации.

Аналоговые технологии до сих пор считаются востребованными в тех областях, где:

I Необходимо очень быстрое реагирование и применение аналогово-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей может внести дополнительную задержку.

II Необходимо сохранять физический и логический контроль за работой системы в течение всего процесса.

Но динамические возможности цифровых технологий уже опережают большинство аналоговых систем по обеим этим позициям. В области автоматизированного контроля цифровые технологии делают возможным за ограниченное количество шагов (в течение ограниченного периода времени) удостовериться в стабильности работы контролируемой системы и выработать оптимальные по времени, многовариантные нелинейные алгоритмы контроля. Они также сделали возможным широкое применение принципов адаптации и самоконтроля системы.

В области принятия решений цифровые технологии делают возможным использовать символичные, основанные на общепринятых знаниях (правилах) и неопределенных трактовках модели для производства сложных заключений (этими принципами руководствуются при разработке экспертных систем). Стало возможным предугадывать новые факты и гипотезы, предвидеть поведение сложных систем и заблаговременно адекватно реагировать. Последние разработки позволяют эффективно интегрировать воспринимаемые данные от различных сенсоров.

Эти результаты в настоящее время делают возможным быструю обработку сигналов, сохранение данных эндограмм и компьютерный анализ диагностической информации для оптимизации электрокардиостимуляции.

R.Creemers

ВКЛАД ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПОВСЕДНЕВНУЮ ЖИЗНЬ: НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ *Technotrends, Mijdrecht, The Netherlands*

Прогресс информационных технологий в течение последних 50 лет поистине феноменальный. И нет признаков его замедления. Мы являемся свидетелями формирования принципиально иного в информационном смысле мира, движущей силой которого является постоянная взаимосвязь, в котором использование внешних ресурсов является естественным следствием глобализации и в котором устройства, обладающие выходом в Интернет используются повсеместно во всех областях нашей жизни. Компьютеры и Интернет проникают во все отрасли экономики.

Но эра компьютеров по-настоящему еще не началась. Все, что мы до сих пор делали - лишь детские игрушки и слабое отражение того, что мы могли бы делать. Но мы уже стали свидетелями огромных перемен.

Лишь 50 лет назад мир (в то время аналоговый) был полон стен и отдельных приспособлений, которые не могли работать вместе. Теперь все наши приборы взаимосвязаны и могут без дополнительных усилий работать

сообща. Технология освобождает индустрию развлечений от былых ограничений. Ближайшие несколько лет обещают коренным образом изменить наше представление о просмотре фильмов, фотографий, прослушивании музыки и даже чтении книг. Это сделает людей независимыми от времени и места. Это будут огромные перемены.

То, что кажется невозможно сложным сегодня, может оказаться простым завтра благодаря непреложному правилу, которое мы называем законом Moore (один из соучредителей Intel): сила чипов удваивается каждые 18 месяцев. Чипы становятся не только более сильными, но и более дешевыми, что позволяет делать с ними самые разные вещи. Мы можем монтировать чипы и антенны на все виды товаров и вкладывать в них объем информации, намного превышающий тот, который содержится в штрих-кодах. Эти чипы называются RFID или радиочастотная идентификационная метка. Первым ее применением была замена штрих-кодов, но теперь открываются новые перспективы ее использования. Добавление RFID к любому электронному продукту может изменить его возможности и, тем самым, саму природу продукта.

Этот новый мир характеризуется не только применением «сенсоров» во всевозможных устройствах, но еще и формированием глобальных сетей, как никогда раньше. Проводные и беспроводные линии связи предоставляют возможность контакта 24 часа в сутки 7 дней в неделю, что может использоваться для работы, обучения и лечения в удаленном режиме. Аналогичные изменения мы видим в мире мобильных коммуникаций с приходом 3G-UMTS, Wi-Fi, WiMax телефонов, в автомобилях, в карманных компьютерах. С применением систем глобального позиционирования мы всегда можем узнать о местоположении того или иного объекта. Технологии дали бизнесу возможность получать информацию в реальном масштабе времени, что позволяет менеджерам одним нажатием на клавишу корректировать планы выпуска продукции, совершать какие-либо рабочие или финансовые манипуляции, внося в них изменения при необходимости.

«Новые технологии, если использовать их с умом, могут помочь организациям совершить огромный скачек в продуктивности» McKinsey

Но сегодня мы также столкнулись с двумя трудностями – это старение населения и глобализация.

Предоставление доступной медицинской помощи стареющему населению будет связано со сложностями, несмотря даже на значительное повышение продуктивности медицинской службы. Технологии и в дальнейшем будут применяться для повышения этой продуктивности на всех направлениях, способствующих сохранению, хотя бы частично, работоспособности у пожилых людей. К середине 21 века экономика каждого высоко технологического индустриального государства будет ориентирована на здравоохранение.

Интернет сделал возможным появление новой волны глобального аутсорсинга, давая возможность компаниям, ранее существовавшим в рамках одного государства, переносить часть своего бизнеса в другие части света, где стоимость рабочей силы меньше. Сейчас, когда интеллектуальные силы компаний могут легко и с небольшими затратами передвигаться по всему миру, кажется впервые создается глобальный рынок рабочей силы, что потенциально может привести изменению привычных представлений о специализации национальных экономик.

Использование персонала из стран с более низким уровнем заработной платы, таких как Индия и Китай, может, к выгоде покупателя, снизить стоимость производимой компанией продукции на 50-70%, несмотря даже на то, что 1/3 работы должна будет по-прежнему выполняться более высокооплачиваемым местным персоналом. Компании, идущие по этому пути могут объединить в виртуальном пространстве рабочую силу, рассеянную по всему миру, не только используя дешевые таланты, но и выявляя выдающихся специалистов для сотрудничества в сложных проектах. Инженер, находящийся за 10000 км, мог бы с тем же успехом пребывать в соседней комнате или выходить в локальную сеть. Но это и есть тот «незримый» работник, готовый выполнять свои обязанности за десятую часть общепринятой заработной платы, что так пугает средний класс.

Генеральный директор Hewlett-Packard Carly Fiorina сказала: «Через 10 лет мы сможем оглянуться назад и рассказать о тех огромных открытиях и прогрессе, которые мы пережили, или мы будем думать о том, что могло бы произойти».

J.Vermeulen

ТЕХНОЛОГИИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ: ОТ РЕНТГЕНОГРАФИИ К КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Philips Medical Systems, Best, The Netherlands

Долгое время, с начала использования рентгеновского излучения, его применение в медицине, в основном, сводилось к созданию плоского изображения.

Десятилетиями результаты рентгеновских исследований представляли собой изображения на фотопленке. В связи с развитием технологий и неизбежной компьютеризацией рентгеновского оборудования, создание изображений на фотопленке больше не является единственной возможностью для современной рентгенологической лаборатории. На основе плоского изображения развиваются объемные приложения.

Развитие технологий визуализации, основанных на использовании рентгеновского излучения, связанное, главным образом, с применением цифровых технологий, позволило снизить лучевую нагрузку как на пациента, так и на исследователя в несколько раз по сравнению с уровнем, имевшим место 20-30 лет назад. Благодаря преимуществам этих инноваций удалось так же значительно уменьшить время исследования. Кроме прогресса, произошедшего в последние десятилетия в рентгеновском оборудовании, следует отметить появление новых технологий визуализации, позволяющих преодолеть ряд принципиальных ограничений рентгеновской технологии получения изображений, таких как лучевая нагрузка, плохая визуализация мягких тканей, необходимость идентификации тканей.

Появление компьютерной томографии, магниторезонансной томографии, изотопных методик и ультразвукового сканирования необычайно расширило спектр диагностических и терапевтических возможностей в современной медицинской практике. Это послужило толчком к смещению от анатомической информации к информации о функционировании и метаболизме органов. Сейчас мы стоим на пороге той эры, когда станет возможным получать данные на молекулярном уровне.

Переход к цифровым технологиям визуализации создал новые возможности для работы с медицинской информацией. Сегодня огромное количество медицинской информации доступно в электронном формате и архивы фотопленок медленно, но постоянно уменьшаются. Передача информации упростилась в связи с возможностью использования для нее электронной почты.

Мы достигли того момента, когда цифровые технологии позволяют медикам комбинировать визуальную информацию со множеством других данных о пациенте, включая данные, получаемые из имплантируемых устройств и систем домашнего мониторинга. Интегральная электронная запись данных о пациенте предоставляет своевременную и всеобъемлющую информацию, способствующую принятию оптимальных клинических решений.

S.Ernst

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В КАРДИОЛОГИИ

St. Georg General Hospital, Hamburg, Germany

Многие годы для визуализации внутрисердечных структур, таких как коронарные артерии или камеры сердца, при проведении интервенционных кардиологических вмешательств использовалась одно- или двухпроекционная прерывистая рентгеноскопия. По своей природе рентгеноскопия может создавать лишь двухмерные изображения с определенными ограничениями в отображении сложной трехмерной морфологии сердца. С развитием новых лечебных технологий, таких как катетерная абляция сложных аритмий или сложные интервенционные процедуры, появилась потребность в более детальном изучении особенностей трехмерной анатомии сердца у каждого конкретного пациента.

В современной клинической практике с недавнего времени применяются несколько неинвазивных методик получения трехмерного изображения:

- Трехмерная спиральная компьютерная томография - мощная технология, которая позволяет визуализировать с высоким разрешением даже небольшие боковые ветви коронарных артерий. Для неинвазивной оценки риска коронарных событий у каждого конкретного пациента можно рассчитать индивидуальный индекс кальцификации. Недостатками метода являются относительно большая лучевая нагрузка и неспособность визуализации некальцифицированных стенозов.
- Трехмерная магнитно-резонансная томография может применяться у пациентов без металлических имплантантов, таких как электрокардиостимуляторы и имплантируемые кардиовертеры-дефибрилляторы. Эта методика не дает какой-либо лучевой нагрузки. При введении препарата гадолиния возможна детальная трехмерная реконструкция структур камер сердца. Использование двухмерных срезов дает возможность оценить структуру миокарда, выявить участки рубцовой и жировой ткани, что является значимым для диагностики многих заболеваний миокарда.
- Интеграция данных, полученных при использовании трехмерных методик визуализации, таких как компьютерная томография и магнитно-резонансная томография, возможна в настоящее время во всех современных трехмерных системах электрофизиологического картирования, таких как CARTO и NAVx, используемых при проведении сложных процедур (лечение желудочковой тахикардии или фибрилляции предсердий).

Более того, в современных катетерных лабораториях активно используются методики инвазивной визуализации:

- Технология IVUS позволяет определить интрамуральное формирование атеросклеротической у бляшки и используется для оценки внутрисосудистых размеров при критических стенозах.
- Внутривенная эхокардиография в ряде лабораторий является рутинным методом при проведении сложных процедур, таких как изоляция устьев легочных вен, для минимизации лучевой нагрузки и уменьшения риска интраоперационного формирования стеноза или окклюзии.
- Технология трехмерной реконструкции морфологии коронарной артерии с использованием информации, полученной при традиционной ангиографии была недавно предложена Raemon. Она позволяет выполнить пространственную реконструкцию конкретного сосуда и использовать эту реконструкцию в других системах, таких как системы магнитной навигации.

Почему же мы нуждаемся в новых технологиях визуализации?

В то время как терапевтические подходы к лечению заболеваний сердца все более и более совершенствуются, визуализация сердечных структур по-прежнему базируется на технологиях, предложенной Конрадом Рентгеном более 100 лет назад. Новые методы лечения требуют более точного определения места воздействия и облегчения оценки вызванных ими изменений в ткани сердца. Этим обусловлена потребность в более точной и, по мере возможности, трехмерной информации. Необходимо также заботиться о снижении лучевой нагрузки для уменьшения риска для жизни как пациента, так и исследователя.

ВИРТУАЛЬНАЯ КАТЕТЕРИЗАЦИОННАЯ ЛАБОРАТОРИЯ VIRTUAL CATH LAB

Vitatron, Arnhem, The Netherlands

Для обучения имплантации электрокардиостимуляторов в настоящее время мы используем инновационную обучающую технологию с применением «виртуальной реальности» - виртуальной катетеризационной лаборатории Vitatron. Здесь обучающийся может практиковаться в выполнении всех шагов процедуры имплантации электрокардиостимулятора от стандартной установки желудочкового и предсердного электродов в правые камеры сердца до выбора специфических мест расположения электродов.

Быстрые перемены в технике интервенционных процедур требуют наличия у оператора множества различных навыков, в то время как современная стратегия обучения этим навыкам по-прежнему связана с рутинным проведением процедур. Традиционно обучение этим манипуляциям осуществляется под контролем более опытного наставника и объем получаемых знаний зависит от характера представленных пациентов.

На фоне все возрастающей сложности процедур важно создать такой обучающий комплекс, при использовании которого отработка навыков обучающимся была бы безопасной. Тогда он мог бы тренироваться снова и снова, не подвергая при этом опасности жизнь пациента. Такие комплексы могут быть созданы на основании технологии виртуальной реальности, при которой компьютерная система имитирует реальную жизненную ситуацию. Цифровые технологии позволяют создавать пространственную иллюзию, возможно, не так хорошо как в научно-фантастическом фильме, но достаточно для создания реального ощущения приборов и возможности повторения.

Не все представители медицинского сообщества уверены в этих инновационных обучающих технологиях. Однако нам кажется естественным то, что пилоты вначале отрабатывают свои навыки на авиатренажерах прежде, чем им доверяют управление настоящим самолетом. Сейчас такие обучающие системы могут быть использованы и в интервенционной кардиологии. Даже в требованиях FDA для процедур каротидного стентирования отмечено, что оператор должен в начале тренироваться на системах, основанных на технологии виртуальной реальности. Более опытные операторы могут использовать эти системы в качестве первой ступени для тренирующихся и только после прохождения этого уровня обучающийся может быть допущен к выполнению первой процедуры на реальном пациенте. В ряде исследований доказано, что в этом случае количество ошибок значительно уменьшается, а так же сокращается время проведения процедуры.

Мы используем цифровые технологии для повышения безопасности наших пациентов.

F.Hintringer

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛА В ДЕФИБРИЛЛЯТОРАХ

University of Innsbruck, Innsbruck, Austria

Несмотря на введение в практику сложных алгоритмов детекции сигнала, неадекватная работа имплантируемых кардиовертеров-дефибрилляторов (ИКД) при суправентрикулярных аритмиях по-прежнему остается распространенной проблемой и встречается у 16-22% пациентов с ИКД. Степень специфичности, которая может быть достигнута с использованием алгоритмов временного анализа (timing) внутрисердечного сигнала ограничена. В связи с этим 3 компании, занимающиеся выпуском ИКД стали внедрять в качестве дополнительного этапа детекции анализ внутрисердечного желудочкового сигнала. Более ранние системы анализа морфологии ограничивались измерением процентного соотношения времени, в течение которого сигнал изоэлектричен или находится близко к изолинии, или измерением ширины сигнала. Однако истинный анализ морфологии сигнала, применяемый Medtronic и St.Jude Medical, подразумевает сравнение от комплекса к комплексу образца сигнала, полученного при синусовом ритме, с внутрисердечным сигналом, регистрируемым в данный момент. Для такого быстрого анализа в реальном масштабе времени необходима цифровая обработка сигнала. Guidant использует другой способ анализа внутрикардиального сигнала.

При временном анализе сравниваются эндокардиальный биполярный сигнал с электрода для электрокардиостимуляции, расположенного в правом желудочке, с сигналами, записанными с дистального электрода дефибриллятора, расположенного в правом желудочке, и проксимального электрода дефибриллятора, расположенного в верхней полой вене, относительно корпуса ИКД, соответственно. При нормальном синусовом ритме также как и при суправентрикулярных тахикардиях сигнал, воспринимаемый с электродов дефибриллятора (относительно его корпуса) записывается раньше, чем биполярный сигнал с электрода для стимуляции. Это соотношение регистрируется в качестве образца. При желудочковой тахикардии изменяется вектор активации миокарда желудочков, что приводит к сдвигу временного соотношения сигналов. При сравнении каждого сокращения с сохраненным образцом это различие выявляется и аритмия классифицируется как желудочковая тахикардия.

Однако анализ морфологии - лишь один из критериев, используемый для классификации тахикардий. К старым критериям относятся длительность цикла тахикардии и ее устойчивость, характер начала тахикардии и взаимоотношения между предсердной и желудочковой электрограммами.

До сих пор не было выполнено ни одного систематического сравнения результатов исследований, посвященных специфичности отдельных алгоритмов детекции, применяемых в ИКД. Мы проанализировали данные, взятые из опубликованных результатов клинических исследований, многоцентровых регистров и сообщений, опубликованных производителями и суммирующих результаты многоцентровых маркетинговых исследований. Анализ выявил большие различия в специфичности классификации наджелудочковых тахикардий. Сравнивая эти исследова-

ния, мы выявили обратную связь между специфичностью и параметрами, отражающими объем исследования, такими как число пациентов, общее число аритмий и число суправентрикулярных тахикардий. Очевидно, что небольшая база данных не может охватить такой же спектр суправентрикулярных тахикардий, как база данных, состоящая из нескольких тысяч эпизодов с вероятно гораздо более полным спектром аритмий. В противоположность тому, симуляция тахикардий для тестирования алгоритмов детекции позволяет непосредственно сравнить чувствительность и специфичность этих алгоритмов, не прибегая к клиническим исследованиям. Для этих целей мы создали цифровую библиотеку суправентрикулярных и желудочковых аритмий, включающую морфологию желудочкового сигнала. В то время как все устройства выявляли фибрилляцию предсердий, наиболее распространенную суправентрикулярную тахикардию у пациентов с ИКД, были выявлены большие различия в классификации суправентрикулярных аритмий, сопровождающихся регулярным желудочковым ритмом. Это привело к различиям в специфичности, гораздо большим, чем выявленные в клинических исследованиях и в нашем собственном клиническом опыте. Поэтому при повторном анализе мы вынуждены были использовать симулированные эпизоды с учетом частоты их встречаемости в клинике по данным литературы и предпринять перерасчет специфичности. Такая взвешенная специфичность делает возможным непосредственное сравнение различных алгоритмов.

L.Mont

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯТОРАХ *Hospital Clinic Universitari de Barcelona, Barcelona, Spain*

Цифровые технологии стали внедряться в электрокардиостимуляцию в конце 70-х годов. Первоначально цифровые устройства применялись лишь в качестве цифровой «памяти» и в счетчиках. Научный прогресс в последнее время привел к возможности создания так называемого «полностью цифрового электрокардиостимулятора». Устройства входа и выхода электрокардиостимулятора должны быть аналоговыми, так как они контактируют с биологическим объектом. Однако для лучшей работы устройства цифровые технологии могут быть применены во всех звеньях ЭКС. Цифровые технологии обеспечивают высокую точность, надежное сохранение и воспроизведение информации. Они надежны и, в то же время, позволяют легко вносить изменения в работу прибора.

Современные технологические достижения позволяют производить цифровую обработку сигнала, преодолевая прежние ограничения, связанные с затратой энергии. С другой стороны, цифровая обработка обеспечивает высокую точность восприятия сердечных сигналов, поскольку частота дискретизации увеличена до 800 имп/мин. Более того, сохраненная электрограмма является той же самой, которая используется электрокардиостимулятором при анализе сигнала. Таким образом, картина, которую видит врач идентична той, которую «видит» электрокардиостимулятор.

Этот способ оцифровки сигнала обеспечивает также существенную экономию энергии. Длительность жизни стимулятора снижается лишь на 1%, против 20% снижения ее при использовании альтернативных систем хранения внутрисердечных электрограмм. Цифровые технологии также увеличивают скорость извлечения телеметрической информации и позволяют быстро получать надежную информацию о наблюдаемых событиях.

Таким образом, технологические возможности, предоставляемые полностью цифровым электрокардиостимулятором, позволяют осуществлять точную диагностику, сохранять большой объем информации. Сохранение электрограмм может применяться у всех пациентов без дополнительных затрат энергии. Наконец, Помощник по терапии автоматически анализирует данные, определяет, какие из них требуют внимания и дает рекомендации по программированию.

S.J.Hoijer

КАК ЦИФРОВЫЕ ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯТОРЫ ИЗМЕНЯЮТ КЛИНИЧЕСКУЮ ПРАКТИКУ? *University Hospital Lund, Lund, Sweden*

На сегодняшний день наиболее существенными отличиями полностью цифровых ЭКС являются следующие их возможности:

- Высокоскоростная телеметрия
- Запись электрограммы высокого разрешения (800 Гц)
- Автоматический анализ диагностической информации - Помощник по терапии

Это помогает сократить время наблюдения за пациентом, обеспечивая получение важной информации, позволяющей оптимизировать параметры стимуляции, особенно при лечении фибрилляции предсердий и делает наблюдение более эффективным. Это может не восприниматься как большое изменение клинической практики, поскольку большинство клиницистов сегодня привыкли к таким свойствам технических приспособлений.

Сегодня надо обсуждать следующий вопрос: «Почему изменения в клинической практике требуют появления цифровых стимуляторов?»

Раньше электрокардиостимуляция была главным образом хирургической областью и основное внимание в ней уделялось хирургическим аспектам процедуры. Электрофизиологов было мало или не было вовсе, а кардиостимулятор рассматривался как часовой механизм, используемый для поддержания регулярного ритма. Доктора не изучали внутрикардиальные электрограммы и наличие канала маркеров ЭКС предоставляло достаточные на тот момент диагностические возможности.

Электрокардиостимуляция сегодня является составной частью комплексного лечения нарушений ритма сердца, которым занимаются, главным образом, кардиологи, специализирующиеся на электрофизиологии. Имплантация ЭКС сейчас стала стандартной процедурой, и все знакомы с интракардиальными сигналами, каждому приходилось видеть высококачественную электрограмму.

Это включает в себя

- Неограниченные объемы хранения информации с возможностью быстрого и прямого доступа к ней в любом месте.
- Саморегулирующиеся алгоритмы и искусственный интеллект.
- Бесконечные возможности миниатюризации устройств.

Нельзя сказать, что полностью цифровой ЭКС значительно изменяет клиническую практику, но он выводит электрокардиостимуляцию на современный технический уровень, что рассматривается большинством специалистов как естественный шаг.

Однако, несложно понять, что ждет обогащенное цифровыми технологиями сообщество специалистов в области электрокардиостимуляции от будущего:

Как цифровые ЭКС могут изменить клиническую практику?

- Длительная телеметрия с мониторингом в домашних условиях и передачей диагностической информации через Интернет.
- Большие возможности хранения информации вплоть до формирования имплантированного файла, содержащего полную информацию о пациенте.
- Саморегулирующиеся алгоритмы.
- Устранение отрицательных воздействий несвоевременной стимуляции – «умные» приборы, «знающие», когда стимулировать, а когда - нет.
- И так далее...

Заключение. Создание цифрового ЭКС само по себе - это не конец пути и даже не начало конца, это лишь конец начала.

Y. Tuininga

КАК СОЗДАЮТСЯ НОВЫЕ ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯТОРЫ

Deventer Hospital, Deventer, The Netherlands

Электрокардиостимуляция - область, в которой взаимодействуют представители многих различных специальностей. Разработка электрокардиостимуляторов в настоящее время осуществляется в основном техниками и инженерами, которые в большинстве своем не имеют существенного клинического опыта. В то же время имплантация их осуществляется клиницистами, как правило, хирургами и кардиологами, не имеющими технического образования. Наблюдение за пациентом с имплантированным электрокардиостимулятором является делом кардиолога и его техника.

Несмотря на наличие большого количества клинических данных, отсутствует систематизированная обратная связь между людьми, использующими имплантируемые системы и создателями этих систем. В результате клиницисты зачастую вынуждены использовать системы, в создании которых они не принимали серьезного участия. Более того, вклад пациента в создание этих систем и вовсе нулевой.

Для улучшения качества новых электрокардиостимуляторов очень важно привлечь представителей различных специальностей на ранних стадиях разработки прибора. Такой подход имеет множество преимуществ.

Во-первых, клиницисты могут обеспечить обратную связь между собой и разработчиками новых ЭКС. Неоправданные сложности, возникающие при работе, могут быть выявлены и устранены. Редко используемая информация может быть удалена или переведена на задний план. Важная информация об электрокардиостимуляции может быть строго классифицирована таким образом, чтобы давать возможность быстрого ознакомления с наиболее важными данными.

Во-вторых, весь объем информации, получаемой клиницистом от пациентов с имплантированными электрокардиостимуляторами интересен также и разработчикам этих устройств.

В-третьих, современные цифровые электрокардиостимуляторы могут предоставить огромный объем информации как об имеющихся нарушениях ритма, так и о работе имплантированного устройства. Однако медицинские знания о сердечном ритме и, особенно, об аритмиях должны быть донесены от клиницистов до разработчиков техники.

Другими словами важно различать данные, имеющие потенциальное клиническое значение и способные повлиять на лечебную тактику, и данные не имеющие клинического значения. В связи с этим огромное значение имеет получение высоко достоверной информации от электрокардиостимулятора.

В-четвертых, вовлеченные в процесс разработки клиницисты получают возможность оценить результаты такого сотрудничества в клинических исследованиях созданной системы.

Таким образом, создание нового электрокардиостимулятора это процесс, требующий участия представителей различных специальностей на ранних стадиях разработки. Во главу угла должна быть поставлена достоверность информации, предоставляемой электрокардиостимулятором, так как она может повлиять на проводимое лечение.

БУДУЩЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ЭЛЕКТРОКАРДИОСТИМУЛЯТОРОВ

Vitatron, Arhem, The Netherlands

Полностью цифровой ЭКС стал реальностью в 2003 году после презентации стимуляторов Vitatron серии C. Принципиальная цель этого проекта такая же как и у любого нового продукта в медицине: он должен устранить или уменьшить количество симптомов, связанных как с аритмией, так и со стимуляцией, а так же повысить достоверность диагностической информации, получаемой с помощью ЭКС, создавая возможность для принятия решений на ее основании. В целом, создание цифрового ЭКС должно способствовать большей удовлетворенности пациента лечением и качеством имплантируемых устройств. Все это должно приводить к оптимизации соотношения цена/качество.

Симптомы, связанные с не вполне оптимальной работой имплантируемых устройств, часто обусловлены неадекватным распознаванием внутрисердечных сигналов. Вот несколько примеров: 1) ощущение сердцебиения и синдром электрокардиостимулятора из-за утраты атриовентрикулярной синхронизации, обусловленной ложным переключением режима стимуляции (mode switching) при распознавании R волны в качестве предсердного события (far field R-wave sensing); 2) ошибочное срабатывание имплантированного кардиовертера-дефибриллятора при суправентрикулярных тахикардиях; 3) необходимость использования комплексных алгоритмов в автоматических системах определения порога электрокардиостимуляции (automatic capture detection systems) для борьбы с феноменом сливных комплексов. Неверное распознавание отсутствия захвата, обусловленное сливными комплексами приводит к неоправданному повышению амплитуды импульсов и уменьшению времени жизни электрокардиостимулятора.

Увеличение числа показаний к применению имплантируемых устройств при брадикардиях, тахикардиях, нарушениях синхронизации сердечных сокращений приводит к повышению требований к достоверности распознавания внутрисердечных сигналов. Сложность аритмий сердца и разнообразие морфологии сигналов оказалось серьезным препятствием для аналоговых систем. Оцифровка этих сигналов делает возможным применение сложных математических операций, известных как цифровая обработка сигнала, что открывает широкий спектр возможностей.

Морфологическая классификация предсердных и желудочковых электрограмм, особенно в сочетании с имеющимися данными временного анализа (timing) и основанного на оценке ритма сердца дискриминантного анализа, должно привести к уменьшению количества симптомов, связанных со стимуляцией, и повышению достоверности диагностической информации. Это позволит имплантируемым устройствам эффективно дифференцировать сигналы различного происхождения и извлекать важную информацию из детектируемых сигналов.

В имплантируемых устройствах содержится огромный объем информации, так как они мониторируют сердечный ритм 24 часа 7 дней в неделю и длительное время сохраняют информацию о нарушениях ритма. Если чувствительность и специфичность достигнут клинически значимого уровня, эта диагностическая информация станет пригодной для принятия клинических решений на ее основании. Кроме того, она может вводиться в экспертные системы, или системы «искусственного интеллекта», которые могут давать рекомендации врачу.

В наблюдении за имплантируемым устройством необходимо руководствоваться в первую очередь медицинскими, а не техническими аспектами. Это приведет как к большей удовлетворенности пациента, так и к оптимизации стоимости лечения. Периодические визиты пациента, предпринимаемые для выявления симптомов, разрушают единый план лечения и могут привести к применению фармакологических, диагностических и интервенционных процедур, назначения которых можно было бы избежать. Множество холтеровских мониторов и мониторов событий ежемесячно устанавливается для выяснения этиологии этих неверных данных.

Цифровые ЭКС позволяют совершить большой шаг к большей эффективности лечения и увеличению удовлетворенности пациентов.

T.Lewalter, S.Remerie, A.Yang, B.Luderitz

АНАЛИЗ МОРФОЛОГИИ СИГНАЛА В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

University of Bonn, Bonn, Germany

Точное восприятие предсердного сигнала является ключевым фактором в правильной диагностике предсердных тахиаритмий и алгоритмах превентивной электрокардиостимуляции. Однако последние исследования и реальная клиническая практика показали, что около 30% предсердных тахиаритмий классифицируются неверно. Более того, детекция в качестве предсердного события R зубца (far-field R-wave oversensing) приводит к некорректной диагностике предсердных тахиаритмий и несвоевременному изменению режима электрокардиостимуляции (mode switch activation). Цифровая обработка (отцифровка) внутрисердечных сигналов и их морфологический анализ, проводимый электрокардиостимулятором в реальном масштабе времени, возможно, позволит лучше исключить детекцию в качестве предсердного события R зубца, чем методики, применяемые в настоящее время. Van Hemel и соавторы записали по 100 внутрисердечных предсердных электрограмм у 31 пациента в процессе имплантации электрокардиостимуляторов. После отцифровки сигнала, проводимой не в реальном масштабе времени (off line) был рассчитан «параметр формы», определяемый суммой наибольших отрицательных значений амплитуды предсердного сигнала и наклона кривой (первой производной) детектированных предсердных событий. Это позволило точно идентифицировать случаи детекции в качестве предсердного события R зубца (чувствительность 99,63%,

специфичность 100%) без ошибок в распознавании волн Р. После этого было начато исследование MARS (The Morphology of Atrial Signal), предпринятое для оценки реального анализа сигнала имплантированным электрокардиостимулятором. Анализ формы при цифровой обработке сигнала включал 9 различных параметров, таких как максимальные и минимальные значения амплитуды и наклона (первой производной) отфильтрованного сигнала, времена от начала волны Р до 4 различных точек и продолжительность волны Р. Эти параметры формы являются основными компонентами алгоритма выявления волны Р «Auto P wave», возможности которого в разделении истинных предсердных событий и детекции в качестве предсердного события R зубца изучается в исследовании MARS. Исследование подразумевает имплантацию Vitatron серии С (2-ое поколение) или Vitatron серии Т и выполнение 24-х часовой холтеровской записи (DR 190). Анализируются предсердные электрограммы, данные канала маркеров электрокардиостимулятора и поверхностная электрокардиограмма. В исследовании MARS включаются пациенты, у которых постоянно или периодически выявляется детекция в качестве предсердного события R зубца при чувствительности биполярного предсердного электрода 0,3 мВ. Окончательные результаты исследования MARS, как ожидается, будут опубликованы в марте 2005 г.

N.M. van Hemel¹, P.Wohlgemuth², J.G.Engbers³, T.Lawo⁴, J.Nebaznivy⁵,
M.Taborsky⁶, J.Witte⁷, W.Boute², D.Munneke², C. van Groeningen²

**АНАЛИЗ ФОРМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА ДЕЙСТВИТЕЛЬНО
РАЗДЕЛЯЕТ ВОСПРИНИМАЕМЫЕ КАК ПРЕДСЕРДНЫЕ СОБЫТИЕ R-ЗУБЦЫ И ВОЛНЫ Р**

¹Heart Lung Center Utrecht, Department of Cardiology, St. Antonius Hospital, Nieuwegein, ²Vitatron B.V., Arnhem,
³Department of Cardiology, Hospital «Scheperziekenhuis», Emmen, The Netherlands, ⁴Department of Cardiology
and Angiology, University Hospital «Bergmannsheil», Bochum, Germany, ⁵Department of Cardiology, Hospital
«Masarykova», Usti nad Labem, ⁶Department of Cardiology, Hospital «Homoice», Prague, Czech Republic,
⁷Department of Cardiology, University Hospital Charite, Berlin, Germany

Точность детекции предсердных аритмий часто лимитируется наличием R-зубцов, детектируемых как предсердные события на предсердной электрограмме (far-field R-wave oversensing). Цифровая обработка внутрисердечных сигналов, как предполагается, позволит более точно дифференцировать детекцию в качестве предсердного события R зубца и P-волны на предсердной электрограмме по сравнению с методами, применяемыми в настоящее время. Для доказательства этого у 31 пациента в процессе замены электрокардиостимуляторов были собраны 100 моно- и биполярных внутрисердечных электрограмм, которые впоследствии были обработаны в режиме off line с использованием нового алгоритма цифровой обработки сигнала. Цифровая обработка предсердной внутрисердечной электрограммы (8 бит, 800 точек/сек.) включает фильтрацию и определение максимальной амплитуды и наклона (первой производной) детектируемых событий. Параметр формы подсчитывался как сумма наибольших отрицательных значений амплитуды и наклона сигнала. Алгоритм накапливал данные о параметрах формы волн Р и R зубца, выявляемого в качестве предсердного события (записанного с предсердного электрода), и составлял гистограммы этих данных.

Достаточно большой разрыв между гистограммами R зубца, выявляемого в качестве предсердного события, и P-волн позволяет дифференцировать эти сигналы на основании параметров формы. Три независимых наблюдателя оценивали точность работы данного алгоритма. Чувствительность и специфичность определения R зубца, детектируемого в качестве предсердного события, составили 99,63 и 100% соответственно. Ни одна волна Р не была распознана неверно.

Можно сделать вывод, новый алгоритм цифровой обработки сигнала продемонстрировал великолепные возможности в распознавании R зубца, детектируемого в качестве предсердного события, в режиме off line, что позволяет использовать этот алгоритм в разрабатываемых электрокардиостимуляторах для разделения R зубцов, детектируемых в качестве предсердных событий и волн Р в режиме реального времени. Этот метод предупреждает ошибочное переключение режима электрокардиостимуляции (mode switching) и способствует точному и своевременному вмешательству электрокардиостимулятора при возникновении предсердных тахикардий.