

## **Resumos do Simpósio sobre Tecnologia Digital em Medicina ocorrido em 21-22 de janeiro de 2005 em Holanda**

### **TECNOLOGIA DIGITAL PARA A TOMADA DE DECISÕES E CONTROLE**

*Vladimir Marik, Czech Technical University, Praga, República Tcheca*

A tecnologia digital começou a influenciar nossa vida diária a partir de 1940, em conexão com a invenção das válvulas eletrônicas. O progresso foi acelerado diante da necessidade da tecnologia do radar e do desenvolvimento dos primeiros computadores digitais no período da 2ª guerra mundial e, mais tarde, dos computadores de von Neumann.

Nos últimos sessenta anos, onde quer que o processamento e a transmissão de sinais, como também a tomada de decisões baseada em sinais de entrada, sejam necessários, a transição de tecnologia analógica para tecnologia digital é claramente visível. Isso pode ser facilmente documentado, por exemplo, no campo da telefonia móvel (isso ocorreu totalmente nos anos 90), na transmissão de programas de televisão (estamos exatamente no período de mudança maciça em direção à tecnologia digital) ou no campo de gravação em vídeo (os sistemas de fitas de vídeo estão sendo rapidamente substituídos pelos DVDs).

Existem dois habilitadores substanciais das soluções digitais, a saber:

- A. Desenvolvimento de componentes eletrônicos (de calibres eletrônicos a diodos, transistores, de portas lógicas simples a VLSI), memórias (de memória de núcleo magnético para chips de memória altamente integrada), de sistemas analógicos de banda baixa para soluções digitais de banda larga na área de telecomunicações.
- B. Desenvolvimento de algoritmos para pré-processamento dos sinais (baseados em FFT, transformação de onda pequena, etc.), algoritmos para computação simbólica baseados em princípios de inteligência artificial (inferência lógica, inferência diante de incerteza), algoritmos para tomada de decisões estatísticas e aqueles inspirados pela natureza (DNA e computação genética, redes neurais, etc.).

Porque a mudança de analógico para digital representa uma tendência tão natural e inevitável?

- I. Muito mais algoritmos complexos de processamento dos sinais e de tomada de decisões podem ser utilizados. Esses algoritmos podem estar baseados na liberação de conhecimento e de amplos volumes de dados armazenados em estruturas de memória grandes e rápidas.
- II. Uma precisão muito maior e tomadas de decisões muito mais rápidas podem ser obtidas.
- III. Um nível muito maior de proteção contra ruído e corrupção do sinal ativo (por exemplo, no caso de intrusão da rede) pode ser obtido, por exemplo, por uma codificação eficiente.

A tecnologia analógica ainda é considerada para liberação nas tarefas onde:

- I. reações muito rápidas são necessárias, e a aplicação de conversores analógico-paradigital e digital-para-analógico podem ser considerados como uma opção adicional,
- II. é necessário manter o controle durante o significado físico e lógico das interações do sistema eletrônico com os processos contínuos.

Mas, as propriedades dinâmicas e a potência de computação das soluções lógicas já são capazes de "superar" a grande maioria dos sistemas analógicos nos dois aspectos acima mencionados.

No campo de controle automático, a tecnologia digital é capacitada para atingir as metas desejadas de controle em um número finito de passos (em um tempo finito), para assegurar a estabilidade dos sistemas controlados e para implementar algoritmos de controle de tempo ótimo, multi-variáveis e não lineares. Ela, a tecnologia digital, possibilitou uma aplicação mais ampla dos princípios de adaptação e autoaprendizagem.

No campo da tomada de decisões, a tecnologia digital tornou possível a liberação de modelos simbólicos, de conhecimento de nível geral (regras) e de manuseio de incertezas para inferir conclusões complexas (isso leva ao desenvolvimento de sistemas especializados). É possível inferir fatos e hipóteses novos, prever o comportamento de sistemas complexos e reagir antecipadamente de maneira adequada. Os últimos desenvolvimentos tornam possível uma fusão eficiente de dados sensóricos de diversos sensores.

Atualmente, esses resultados permitem alavancar um rápido processamento dos sinais, o armazenamento dos dados intracardíacos e a análise auxiliada por computador de todos os dados diagnósticos a fim de otimizar a terapia com marcapasso.

## **IMPACTO DA TECNOLOGIA DIGITAL NA VIDA DIÁRIA: HOJE E NO FUTURO**

*Rob Creemers, Technotrends, Mijdrecht, Holanda*

No espaço de apenas 50 anos, a emergência da IT foi verdadeiramente fenomenal. E ela não mostra nenhum sinal de parar por aí. De fato, estamos testemunhando a criação de um mundo de informações fundamentalmente diferente onde a conectividade perpétua é a força acionadora, onde a terceirização é a consequência involuntária da globalização e onde dispositivos de acesso à Internet se tornaram ubíquos em todas as áreas de nossas vidas. O computador e sua aplicação mais recente, a Internet, estão penetrando em todos os cantos e fendas da economia.

Mas a era da computação não começou realmente. Tudo o que temos feito até aqui é brincar com pequenos brinquedos e ter algumas idéias do que podemos fazer. Mas já estamos testemunhando mudanças muito grandes.

Há apenas 50 anos, o mundo (então análogo) estava repleto de barreiras e dispositivos mecânicos que não podiam trabalhar juntos. Agora, que a convergência digital finalmente chegou, todos os nossos dispositivos mecânicos estão conectados e serão capazes de cooperar facilmente.

A tecnologia está liberando diversão de seu passado. Como assistimos filmes, olhamos fotografias, ouvimos música ou mesmo como lemos um livro promete se alterar profundamente nos próximos anos. Isso libertará as pessoas das restrições de tempo e espaço. Isso será uma mudança dramática.

O que hoje nos parece impossivelmente complexo pode muito bem nos parecer simples amanhã graças ao avanço inexorável do que chamamos a lei de Moore (cofundador da Intel): A potência dos chips vem dobrando a cada 18 meses. Os chips não estão apenas mais potentes, mas também mais baratos, o que nos permite fazer coisas muito diferentes com eles. Podemos adicionar chips e antenas a todos os tipos de mercadorias e adicionar informação que excede de longe a informação contida nos códigos de barra. Esses chips são denominados RFID ou etiquetas de Identificação por Rádio Freqüência. A primeira aplicação foi a substituição dos códigos de barra, mas agora visualizamos novos desenvolvimentos. A adição de uma etiqueta de RFID a produtos eletrônicos pode aumentar o seu valor ao alterar suas capacidades e, conseqüentemente, a real natureza do produto em si.

Esse novo mundo não está apenas adicionando "sensores" a todos os tipos de produtos; ele também está coligado como nunca esteve antes. Mecanismos de banda larga conectados com ou sem fio fornecem uma conectividade de 24/7 que pode ser utilizada para tele-trabalho, tele-aprendizagem e tele-cuidados. No mundo das comunicações móveis, vemos desenvolvimentos similares com o novo 3G-UMTS, Wi-Fi, fones WiMax, carros, PDAs. Adicione mecanismos de Posicionamento Global, baseados em GPS ou Galileo, e nós sempre saberemos onde o que quer que seja está em todos os momentos. A tecnologia tem dado informação comercial em tempo real que permite aos gerentes revisarem ou alterarem, de uma só vez, suas programações de produção, turnos de trabalho ou orçamentos de capital.

"A nova tecnologia, utilizada com inteligência, pode ajudar as organizações a dar saltos dramáticos em sua produtividade e redefinir a concorrência." McKinsey

Mas a essa altura, nós também nos defrontamos com dois grandes desafios: Envelhecimento (Populacional) e Globalização.

Fornecer assistência médica acessível para as populações em envelhecimento em todo o mundo será um desafio, a menos que a produtividade médica melhore radicalmente. A tecnologia também continuará sendo solicitada para aumentar a produtividade de maneira que ela possa oferecer oportunidades de trabalho em meio período para os idosos. No meio do século 21, toda sociedade industrial altamente desenvolvida no mundo será uma economia de assistência médica.

A Internet possibilitou uma nova onda de terceirização global, permitindo que empresas nacionais transfiram partes de sua produção para mercados com mão-de-obra barata, do outro lado do mundo. Agora que o conhecimento pode correr pelo mundo a um custo baixo, um mercado de trabalho global para trabalhadores experientes parece estar emergindo, pela primeira vez, com o potencial de perturbar as noções tradicionais de especialização nacional.

Usando a mão-de-obra de países com salários baixos como Índia e China, as empresas podem cortar o custo das aplicações de desenvolvimento em 50-70%, apesar de, grosso modo, um terço do trabalho ter que ainda ser feito por mão-de-obra doméstica mais cara nas instalações do cliente.

As empresas que conseguem fazer isso bem podem criar uma distribuição virtual de forças de trabalho em todo o mundo, não apenas absorvendo talentos com baixo custo, mas também ligando os maiores cérebros para colaborar em projetos complexos. O engenheiro, sentado a 10.000 quilômetros de distância, pode também estar no pró-

ximo cubículo e na rede local da área. Mas é esse trabalhador invisível, pronto para trabalhar por um décimo do salário médio, que está começando a assustar a classe média.

CEO Carly Fiorina da Hewlett-Packard disse recentemente: Daqui a dez anos poderemos olhar para trás e contar histórias sobre esses grandes desenvolvimentos e sobre todo o progresso que vivenciamos ou poderemos olhar para trás no que poderia ter sido.

### **TÉCNICAS DE TOMADA DE IMAGENS DOS RAIOS-X AO SCAN CT**

*Jan Vermeulen, Philips Medical Systems, Best, Holanda*

Durante muito tempo, desde o começo da tecnologia dos raios-X, sua aplicação médica esteve predominantemente focada na função de tomada de imagens planares.

Por muitas décadas, o resultado de um estudo com raios-X era produzir uma imagem em um filme. Com a evolução da tecnologia e a inevitável introdução dos computadores no equipamento de raios-X, a produção de uma imagem em filme não é mais a única possibilidade no laboratório de raios-X de hoje. A tomada de imagens planares com raios-X avançou para aplicações volumétricas.

Em adição, a evolução na tecnologia de tomada de imagens com raios-X, em grande parte atribuível ao uso das tecnologias digitais, auxiliou na diminuição da exposição atual à radiação, tanto para o paciente como para a equipe responsável, em várias ordens de magnitude, comparado aos valores encontrados há 20-30 anos atrás. Os tempos totais do procedimento também diminuíram drasticamente, em virtude desses novos desenvolvimentos. Além do progresso feito no equipamento de raios-X, as novas tecnologias de tomada de imagens se desenvolveram ao longo das décadas passadas lidando com algumas das principais deficiências da tecnologia de raios-X: exposição à radiação, visualização pobre de tecidos moles e a necessidade de caracterização do tecido.

O surgimento da TC, RM, MN e do Ultra-Som ampliou imensamente o espectro de capacidades diagnósticas e terapêuticas da atual prática médica. Isso levou a uma mudança de informação anatômica para informação funcional e metabólica, enquanto nós nos encontramos no limite de uma era onde dados em nível molecular podem ser obtidos.

A progressão em direção às tecnologias de tomada de imagens digitais levou a desafios e, ao mesmo tempo, a novas oportunidades no controle dos dados médicos. Na maioria dos casos, a quantidade abundante de informação médica disponível

atualmente encontra-se em formato eletrônico e os arquivos de filme estão diminuindo lenta, porém constantemente. A distribuição de dados quase se tornou tão fácil quanto enviar um e-mail.

Chegamos a um ponto onde as tecnologias digitais possibilitam que a medicina combine a informação de imagens com muitos outros tipos de dados do paciente, incluindo os dados dos dispositivos inteligentes implantáveis e dos sistemas de home monitoring. O registro eletrônico integrado do paciente fornece um conjunto de dados abrangente e atualizado que ajudará a orientar o processo de tomada de decisões clínicas em direção ao melhor resultado possível.

### **TÉCNICAS INOVADORAS DE TOMADA DE IMAGENS NA CARDIOLOGIA**

*Sabine Ernst, St. Georg General Hospital, Hamburgo, Alemanha*

Por muitos anos, a cardiologia intervencionista foi realizada utilizando fluoroscopia mono- ou bi-plana intermitente para visualizar as estruturas cardíacas alvo, tais como artérias coronárias ou câmaras endocárdicas. Por natureza, a fluoroscopia é apenas bidimensional, que sob uma certa extensão, representa a morfologia cardíaca 3D complexa. Com o surgimento de novas opções terapêuticas, como a ablação com cateter de arritmias complexas ou procedimentos intervencionistas complexos, mais e mais conhecimento detalhado da anatomia 3D individual de um dado paciente se faz necessário.

Recentemente, várias modalidades não-invasivas de tomada de imagens 3D foram implementadas na prática clínica atual:

A tomografia computadorizada (TC) espiral tridimensional é uma tecnologia poderosa que permite a tomada de imagens com alta resolução, mesmo nos menores ramos laterais das artérias coronárias. As contagens individuais de calcificação podem ser calculadas para avaliar, de maneira não-invasiva, o risco de um paciente apresentar doença significativa de artéria coronária, apesar da exposição relativamente alta à radiação e dessa tecnologia não obter imagens de estenoses não-calcificadas. A tomada de imagens por ressonância magnética (IRM) tridimensional deve ficar restringida a pacientes sem implantes metálicos, como MP ou CDIs, mas não apresenta nenhum tipo de radiação. Através da utilização de injeções de gadolínio, reconstruções detalhadas das câmaras cardíacas são possíveis, mesmo em um modelo 3D. Com a utilização de seções cruzadas 2D, determinações de estruturas miocárdicas, como cicatriz ou tecido gorduroso, podem ser diagnóstico de muitas doenças miocárdicas.

A integração da tomada de imagens 3D antes do procedimento, como os dados de IRM ou TC, é

atualmente possível para todos os sistemas de mapeamento eletrofisiológico 3D, como CARTO ou NAVx, com o objetivo de orientar procedimentos complexos, como ablação de TV ou de fibrilação atrial.

Além disso, as opções invasivas de tomada de imagens foram introduzidas nos atuais laboratórios de cateterização:

A tecnologia IVUS é capaz de detectar formação de placa intramural e é utilizada para avaliar as dimensões intraluminais em estenoses críticas.

A ecocardiografia intracavitária é rotineiramente efetuada em inúmeros centros para auxiliar em procedimentos complexos, como isolamento de veia pulmonar (VP) para minimizar a exposição à radiação e para evitar uma ablação intra Veia Pulmonar, sob risco de estenose ou mesmo oclusão.

A tecnologia de reconstrução tridimensional da morfologia de artéria coronária utilizando a informação de angiografia monoplane convencional foi recentemente introduzida por Paeion. Ela permite a reconstrução "no espaço" de um dado vaso e a integração dessa reconstrução 3D para outras plataformas, como a navegação magnética.

### **Porque precisamos de novas tecnologias de tomada de imagens?**

Com as opções terapêuticas para tratar doenças cardíacas significativas se tornando mais e mais refinadas, a tomada de imagens do coração permaneceu basicamente na velha tecnologia de mais de 100 anos de Konrad Roentgen. Novas terapias necessitam de alvos mais precisos de seus locais de entrega e devem facilitar, por meio delas, a determinação das mudanças induzidas no tecido cardíaco. Além dessa necessidade maior de informação mais precisa e, se possível, 3D, a exposição à radiação deve, em geral, ser diminuída para minimizar os riscos no tempo de vida dos pacientes e dos investigadores.

### **LABORATÓRIO DE CATETERIZAÇÃO VIRTUAL**

*Corstiaan Sonneveld, Vitatron, Arnhem, Holanda*

Para treinar o implante de marcapassos, oferecemos um ambiente inovador para treinamento, de realidade virtual, em nosso Laboratório de Cateterização Virtual da Vitatron. Nele um estagiário pode praticar todos os passos de um procedimento de implante de marcapasso, desde os eletrodos básicos ventricular e atrial do lado Direito até atingir sítios específicos para posicionar um eletrodo.

As rápidas mudanças nas técnicas operacionais nos procedimentos cardiológicos intervencionistas pedem habilidades diferentes, enquanto que o atual

treinamento para praticar tais habilidades ainda é realizado dentro da mesma velha rotina. Tradicionalmente essas técnicas são ensinadas de acordo com um sistema baseado em um mentor e a transferência do conhecimento depende da presença dos pacientes.

Com o aumento da complexidade dos procedimentos é essencial que se criem ambientes de aprendizagem, nos quais os estagiários possam praticar os procedimentos em um ambiente seguro.

Assim, eles poderiam praticar quantas vezes for necessário sem comprometer a segurança dos pacientes. Tal ambiente pode ser criado em uma situação de realidade virtual, onde um sistema computadorizado imita a vida real. A tecnologia digital oferece um ambiente virtual ao alcance, talvez não como em um filme de ficção científica, mas na forma de dispositivos tangíveis que fornecem excelentes oportunidades de ensaio.

Nem todos na sociedade médica estão convencidos de tais técnicas inovadoras de ensino. No entanto, todos nós parecemos concordar que os pilotos inicialmente testam suas habilidades com o auxílio de um simulador de vôo, tendo que demonstrar um desempenho eficaz, antes de serem autorizados a pilotar um avião real. Hoje, tais vantagens de aprendizado podem também ser utilizadas na cardiologia intervencionista. Mesmo a FDA solicita para um procedimento de implante de stent carotídeo que os operadores tenham primeiramente sido treinados em um sistema de realidade virtual. Operadores experientes podem ajustar um certo nível de proficiência para esses sistemas de realidade virtual e somente quando tal nível for atingido é que o estagiário terá autorização para realizar seu primeiro procedimento em um paciente de verdade. Vários estudos mostram que o número de erros diminui significativamente e que os procedimentos são realizados em menos tempo.

Estamos utilizando a tecnologia digital para aumentar a segurança de nossos pacientes.

### **PROCESSAMENTO DIGITAL DO SINAL EM DESFIBRILADORES**

*Florian Hintringer, University of Innsbruck, Innsbruck, Áustria*

Apesar da introdução de algoritmos sofisticados de detecção, a terapia inapropriada para taquiarritmias supraventriculares liberada por cardioversores desfibriladores implantáveis (CDIs) ainda é um problema comum, ocorrendo em 16 a 22% dos pacientes portadores de um CDI. A especificidade máxima que pode ser obtida pelos algoritmos que analisam os ciclos de tempo dos sinais intracardíacos é limitada. Diante disso, três fabricantes de CDI introduziram a análise do sinal ventricular intracar-

díaco como um aperfeiçoamento extra de detecção. As técnicas anteriores de análise morfológica estavam restritas à medição da porcentagem de tempo que um sinal gasta na linha básica ou perto dela, ou à medição da largura do sinal. No entanto, uma análise real da morfologia de um registro intracardíaco, introduzida pela Medtronic e pela St. Jude Medical, requer uma comparação batimento-a-batimento de um modelo do ritmo sinusal com a morfologia real do sinal intraventricular. Para tanto, o processamento digital do sinal para análise em tempo real é obrigatório. Uma técnica diferente de análise do sinal intracardíaco é utilizada pela Guidant. A regulação do tempo do sinal endocárdico bipolar da ponta do eletrodo ventricular direito é correlacionada com um sinal intracardíaco registrado da espiral de desfibrilação ventricular direita e da espiral de desfibrilação proximal na veia cava superior e na carcaça do CDI, respectivamente. Durante um ritmo sinusal normal, assim como durante uma taquiarritmia supraventricular, o sinal detectado pelas espirais de desfibrilação e pela carcaça do CDI é registrado antes do sinal bipolar detectado pela ponta do eletrodo. Essa correlação é armazenada como um modelo. Uma taquicardia ventricular muda o vetor de ativação ventricular e resulta em uma mudança na regulação do tempo dos sinais. Através da comparação batimento-a-batimento com o modelo armazenado, a mudança no vetor é detectada e a arritmia é classificada como taquicardia ventricular.

No entanto, a análise morfológica é apenas um dos critérios utilizados para classificar uma taquiarritmia. Os critérios mais antigos incluem comprimento e estabilidade do ciclo, onset da taquiarritmia, e a relação entre o eletrograma ventricular e o atrial.

Até aqui, não foi efetuada nenhuma comparação sistemática de estudos relatando a especificidade dos algoritmos individuais de detecção do CDI. Nós efetuamos uma análise dos dados obtidos de estudos clínicos publicados, de registros multi-cêntricos e de relatórios publicados pelos fabricantes resumindo os resultados de estudos multi-cêntricos de liberação mercadológica. A análise revelou grandes diferenças na especificidade para uma classificação correta das taquiarritmias supraventriculares. Ao comparar esses estudos, constatamos uma correlação inversa entre a especificidade e os parâmetros, refletindo o tamanho desses estudos, como o número de pacientes, número total de arritmias e número de taquiarritmias supraventriculares. É evidente que um banco de dados pequeno não pode cobrir o mesmo espectro de taquiarritmias supraventriculares que um banco de dados consistindo de alguns milhares de episódios, provavelmente com uma faixa bem mais abrangente de arritmias.

Em contraste, a simulação de taquiarritmias com o objetivo de testar os algoritmos de detecção torna possível a comparação da especificidade e da sensibilidade desses algoritmos diretamente,

sem a necessidade de um estudo clínico. Com esse propósito, criamos uma biblioteca digital de arritmias supraventriculares e ventriculares, incluindo a morfologia do sinal ventricular. Enquanto todos os dispositivos detectaram fibrilação atrial a taquiarritmia supraventricular mais comum em pacientes portadores de CDI, encontramos grandes diferenças na classificação de arritmias supraventriculares resultando em um ritmo ventricular estável. Isso levou a diferenças na especificidade muito maiores que as previstas a partir dos estudos clínicos e de nossa própria experiência clínica. Assim, em uma segunda análise, tivemos que corrigir os resultados pesando os episódios simulados de acordo com sua prevalência clínica espontânea, conforme relatado na literatura, e recalculando a especificidade. Essa especificidade pesada possibilita uma comparação direta entre todos os algoritmos.

## **TECNOLOGIA DIGITAL EM MARCAPASSOS**

*Lluís Mont, Hospital Clinic Universitari de Barcelona, Barcelona, Espanha*

A Tecnologia Digital começou a ser incorporada nos marcapassos nos anos 70. Inicialmente, os sistemas digitais eram apenas aplicados na memória digital e nos contadores. O recente desenvolvimento permitiu a introdução do denominado "marcapasso totalmente digital". O estágio de entrada e saída de um marcapasso deve ser analógico, uma vez que ele deve se conectar a uma interface biológica. No entanto, a tecnologia digital pode ser aplicada no projeto total do marcapasso a fim de obter um desempenho melhor do dispositivo. A tecnologia digital oferece alta precisão, armazenamento e reprodutibilidade confiáveis, além de ser robusta e flexível.

Os novos desenvolvimentos tecnológicos permitem um processamento digital do sinal que supera a velha limitação de consumo de energia. Por outro lado, o processamento digital consegue uma sensibilidade bastante precisa dos sinais cardíacos, obtendo sinais estáveis, pois aumenta a frequência da amostragem do sinal para 800/seg. Além disso, o eletrograma armazenado é o mesmo do utilizado pelo marcapasso na análise dos sinais; assim, o que é visto pelo marcapasso também o é pelo médico.

Essa forma de digitalização do sinal também implica em uma economia significativa de energia. Portanto, a longevidade do marcapasso é apenas reduzida em 1%, quando comparada com a redução de 20% observada nos sistemas alternativos de armazenamento de IEGM. A tecnologia digital também permite uma menor interrogação por telemetria e pode oferecer informação rápida e precisa dos eventos observados.

Concluindo, a tecnologia disponível nos marcapassos totalmente digitais permite um diagnóstico

preciso com altas capacidades de armazenamento, os eletrogramas armazenados podem ser utilizados em todos os pacientes sem custos adicionais de energia e, finalmente, o Therapy Advisor analisa automaticamente os dados, indicando quais diagnósticos necessitam de atenção e dando recomendações para programação.

### **COMO OS MARCAPASSOS DIGITAIS ALTERAM A PRÁTICA CLÍNICA?**

*Carl Johan Höijer, University Hospital Lund, Lund, Suécia*

Até o momento, as características mais proeminentes que distinguem os marcapassos totalmente digitais são:

- Telemetria a alta velocidade
- EGM de alta resolução (800 Hz)
- Análise automática de diagnósticos Therapy Advisor

Tais características ajudaram a diminuir o tempo de acompanhamento, fornecendo informação relevante para a otimização da terapia com marcapasso, especialmente a terapia para FA, e tornando o acompanhamento mais eficiente.

Isso não pode ser sentido como uma mudança maior na prática clínica, uma vez que é exatamente o que os médicos de hoje esperam dos dispositivos técnicos.

A questão deve realmente ser:

#### **Porque uma mudança na prática clínica prevê marcapassos digitais?**

A estimulação era utilizada para ser um procedimento predominantemente cirúrgico com um alto foco nas habilidades cirúrgicas. Existiam poucos (ou nenhum) eletrofisiologistas clínicos e os marcapassos eram vistos como instrumentos com mecanismos de relógio para manter um ritmo regular. Os médicos não estavam acostumados a olhar EGMs e o canal de marcas era considerado adequado para os propósitos de diagnóstico.

Hoje, a estimulação faz parte de um controle integrado do ritmo cardíaco efetuado principalmente por cardiologistas especializados em eletrofisiologia; o implante é um procedimento padrão e todos estão familiarizados com os sinais intracardíacos qualquer pessoa está acostumada com EGMs de alta qualidade e espera que eles assim o sejam.

Nesse ínterim, o desenvolvimento técnico geral criou um ambiente digital com expectativas digitais parecidas, tanto da parte dos pacientes como dos médicos.

Tais expectativas incluem:

- Capacidade ilimitada de armazenamento de dados com acesso instantâneo e fácil em todos os lugares.
- Algoritmos auto-adaptativos e inteligência artificial.
- Miniaturização interminável.

O marcapasso totalmente digital não altera muito a prática clínica, mas traz a estimulação cardíaca para a atualidade do mundo técnico e é, provavelmente, visto pela maioria como um padrão natural.

No entanto, é razoavelmente fácil visualizar o que a comunidade de estimulação, de mentalidade digital, espera do futuro:

#### **Como os marcapassos digitais podem alterar a prática clínica**

- Telemetria de longo alcance com "home monitoring" e transferência de diagnósticos via Internet.
- Grande capacidade de armazenamento de dados até um arquivo do paciente completo implantado.
- Algoritmos auto-adaptativos.
- Consciência dos efeitos negativos de uma estimulação desnecessária. Dispositivos inteligentes que sabem quando estimular e quando não estimular.0149
- E mais...

#### **Conclusão**

O marcapasso digital não termina em si mesmo; ele não é nem mesmo o início de um fim, mas sim o fim do início.

### **COMO SÃO DESENVOLVIDOS OS NOVOS MARCAPASSOS?**

*Ype Tuininga, Deventer Hospital, Deventer, Holanda*

Na prática diária dos marcapassos, muitas disciplinas diferentes estão envolvidas. Até hoje, o projeto dos marcapassos tem sido basicamente realizado por (bio) técnicos e engenheiros, que, em geral, não possuem uma profusa experiência clínica. No entanto, o implante é feito pelo especialista clínico, em geral um cardiologista ou cirurgião, que não possui conhecimento técnico. O acompanhamento clínico de um sistema já implantado é dedicado ao cardiologista e a seu técnico.

Apesar da presença de muitos dados clínicos falta um feedback sistemático da parte dos usuários do sistema implantado para os projetistas. Como resultado, os médicos freqüentemente utilizam um sistema que não teve a participação deles. Além disso, nesse momento, não existe nenhuma opinião por parte do paciente.

A fim de melhorar a qualidade dos novos marcapassos, o envolvimento antecipado de várias disciplinas em um estágio do processo de desenvolvimento é de grande importância. O envolvimento antecipado dessas disciplinas tem muitas vantagens diferenciadas. Primeiro, os profissionais clínicos podem dar um feedback de suas experiências aos projetistas de um novo marcapasso. Dificuldades desnecessárias de manuseio podem ser reconhecidas e alteradas. Informação não utilizada com frequência pode ser omitida ou transposta para uma posição de segundo plano. Informação significativa do marcapasso pode ser ordenadamente classificada de uma maneira a fornecer um panorama direto dos dados mais importantes. Em segundo lugar, os profissionais clínicos obtêm informações ricas, diretamente de seus pacientes portadores de marcapasso, que são de interesse dos projetistas. Terceiro, os novos marcapassos digitais podem fornecer informação abundante sobre o tópico de arritmias e intervenção para estimulação. No entanto, o conhecimento médico do ritmo cardíaco e, especialmente, das arritmias precisa ser traduzido pelos médicos para os projetistas técnicos. Em outras palavras, é importante distinguir entre dados que são potencialmente importantes para o médico e que podem mudar a terapia para o paciente e dados que não possuem nenhum valor clínico. Nesse sentido, é um imenso desafio obter informação altamente confiável do marcapasso. Quarto, os médicos envolvidos são capazes de testar os resultados de seus cooperados dando-lhes a oportunidade para a realização de uma pesquisa clínica do novo produto.

Concluindo, o desenvolvimento de um novo marcapasso é um processo multidisciplinar que necessita do envolvimento de todos os participantes em um estágio antecipado.

A confiabilidade dos dados apresentados pelo marcapasso deve ser suprema, pois pode afetar a terapia médica.

## **APLICAÇÕES FUTURAS DOS MARCAPASSOS DIGITAIS**

*Wim Boute, Vitatron, Arnhem, Holanda*

O marcapasso totalmente digital se tornou uma realidade em 2003 com a liberação comercial da linha de marcapassos da Série C da Vitatron. A filosofia por trás desse conceito é a mesma de qualquer produto novo na medicina: o produto deve eliminar ou reduzir os sintomas de um paciente relacionados com arritmias ou com a terapia de estimulação aplicada e melhorar a confiança no diagnóstico do dispositivo, tornando-o adequado para a tomada de decisão médica. Em um nível agregado, o conceito dos marcapassos digitais deve contribuir para uma melhor satisfação do paciente com a

terapia do dispositivo e para o processo de controle da doença, tudo com uma eficiência maior de custo.

Os sintomas de um paciente, devidos a uma terapia sub-ótima do dispositivo, normalmente estão relacionados com uma classificação inadequada dos sinais cardíacos. Alguns exemplos são: 1) Palpitações e síndrome do marcapasso, devido a uma perda da sincronia AV que é causada por um mode switching falso na sensibilidade de onda-R de campo distante. 2) Terapia inadequada do CDI para SVTs. 3) Algoritmos complexos são necessários nos sistemas de detecção com captura automática para enfrentar o fenômeno de batimentos de fusão. Uma falsa classificação da perda de captura causada por batimentos de fusão resulta em altas amplitudes desnecessárias de saída e em uma vida útil reduzida do marcapasso.

O número crescente de aplicações dos dispositivos para o tratamento de bradicardias, taquicardias e dessincronismo multiplica a importância de uma classificação confiável dos sinais cardíacos. A complexidade das arritmias cardíacas e a diversidade das morfologias dos sinais têm se provado como um desafio para os sistemas com base analógica. A digitalização desses sinais permite operações aritméticas avançadas, conhecidas como processamento digital do sinal, abrindo um amplo espectro de oportunidades.

A classificação dos eletrogramas atriais e/ou ventriculares, baseada na morfologia, especialmente quando adicionada à discriminação existente baseada na temporização e no ritmo, deve, portanto, resultar em uma estimulação mais livre de sintomas e em uma informação de diagnóstico mais confiável. Isso possibilitará aos dispositivos discriminarem com eficácia entre sinais de diferentes origens e derivar informação importante dos sinais do sensor.

Os dispositivos implantáveis contêm uma riqueza de informações, pois eles monitoram os ritmos cardíacos "24/7" e armazenam informações de arritmias durante períodos extensos de tempo. Se a sensibilidade e a especificidade atingirem níveis clinicamente relevantes, essa informação diagnóstica se torna adequada para a tomada clínica de decisões. Essa informação pode também ser interfaceada em sistemas especializados ou redes de inteligência artificial que fornecem conselhos significativos ao médico.

O acompanhamento do dispositivo deve ser orientado por necessidade médica ao invés de necessidade técnica. Tanto a satisfação do paciente como o custo do tratamento podem se beneficiar disso. As consultas não previstas de um paciente para avaliar seus sintomas rompem com a programação e podem, potencialmente, levar o médico a uma abordagem farmacológica, diagnóstica ou intervencional desnecessária e que poderia ser evitada. Muitos monitores tipo Holter e monitores de eventos são utilizados todos os meses para avaliar a etiologia desses dados falsos.

Os marcapassos digitais permitem um passo maior em direção a uma melhor satisfação do cliente e um controle mais eficiente do paciente.

### **ANÁLISE MORFOLÓGICA DO SINAL NA PRÁTICA CLÍNICA**

*Thorsten Lewalter, S. Remerie, A. Yang, B. Lüderitz, University of Bonn, Bonn, Alemanha*

Uma sensibilidade atrial precisa é o fator chave para o diagnóstico adequado de taquiarritmias atriais e algoritmos de estimulação preventiva. No entanto, estudos recentes e a realidade clínica demonstram que cerca de 30% das taquiarritmias atriais são incorretamente classificadas, além do oversensing de onda-R de campo distante (FFRW) levar a uma detecção incorreta de taquiarritmia atrial e a uma falsa ativação do mode switching. O processamento digital do sinal (DSP) dos sinais intracardíacos e a análise morfológica on-line pelo marcapasso podem oferecer a oportunidade de se obter uma melhor rejeição da FFRW que as abordagens atuais: van Hemel e colaboradores coletaram 100 registros de eletrogramas intracardíacos atriais (IEGM) de cada um dos 31 pacientes, durante o implante de um marcapasso (1). Após o processamento digital off-line, um "parâmetro de forma" foi calculado (determinado pela soma do valor mais negativo da amplitude e pelo valor da inclinação do evento detectado), permitindo uma identificação precisa da FFRW (sensibilidade 99,63%, especificidade 100%), sem que nenhuma onda P fosse falsamente classificada. O Estudo da Morfologia dos Sinais Atriais (MARS) foi, então, iniciado para realizar uma análise dos sinais da vida real através de um marcapasso implantado. A análise da forma por DSP incluiu 9 parâmetros de forma como o máximo do sinal filtrado, mínimo do sinal filtrado, máximo do sinal da inclinação, mínimo do sinal da inclinação, tempo do início da janela de análise até 4 pontos diferentes e largura do sinal. Esses parâmetros de forma são os componentes principais do algoritmo "Auto P wave", que está sob investigação no MARS no tocante a seu poder discriminatório para identificar eventos atriais verdadeiros e FFRW. O estudo requereu o implante da Série C (2ª geração) ou Série T da Vitatron e um registro Holter de 24 horas DR 190 coletando IEGM atrial, marcadores do marcapasso e ECG de superfície. Somente pacientes com sensibilidade de FFRW permanente ou intermitente a uma sensibilidade atrial bipolar de 0,3 mV eram adequados para o estudo MARS. Os resultados finais do MARS são previstos para março de 2005.

### **Referência**

- 1 van Hemel NM, Wohlgemuth P, Engbers J, et al. Form analysis using digital signal processing reliably discriminates far-field R waves from P waves. PACE 2004;27:1615-1624.

### **ANÁLISE DA FORMA UTILIZANDO PROCESSAMENTO DIGITAL DO SINAL DISCRIMINA COM CONFIANÇA ONDAS-R DE CAMPO DISTANTE DE ONDAS-P**

*Norbert M. van Hemel<sup>1</sup>, Peter Wohlgemuth<sup>2</sup>, Jos G. Engbers<sup>3</sup>, Thomas Lawo<sup>4</sup>, Jan Nebaznivý<sup>5</sup>, Milos Taborsky<sup>6</sup>, Joachim Witte<sup>7</sup>, Wim Boute<sup>2</sup>, Dave Munneke<sup>2</sup>, Chris van Groeningen<sup>2</sup>*

A detecção correta de arritmias atriais por marcapassos é normalmente limitada pela presença de ondas R de campo distante (FFRWs) no eletrograma atrial. O processamento digital do sinal (DSP) dos sinais intracardíacos é aceito para fornecer uma discriminação melhor entre ondas P e FFRWs, quando comparado aos métodos atuais. Para esse propósito, 100 registros intracardíacos atriais bipolares e unipolares de 31 pacientes foram coletados durante a troca do marcapasso e utilizados para a aplicação off-line de um novo algoritmo de DSP. O processamento digital dos sinais do eletrograma intracardíaco atrial (IEGM) (8 bits, 800 amostras/s) incluiu a filtragem e o cálculo da amplitude máxima e da inclinação máxima dos eventos detectados. O parâmetro de forma foi calculado pela soma do valor mais negativo da amplitude com o valor da inclinação do evento detectado. O algoritmo coleta os dados do parâmetro de forma das ondas P e FFRWs, e compõe histogramas desses dados.

Uma distância suficientemente grande entre os histogramas da FFRW e da onda P permite a discriminação desses dois sinais, com base nos parâmetros de forma. Três observadores independentes revisaram a confiança da classificação com esse algoritmo. A sensibilidade e a especificidade da detecção de FFRW foram 99,63% e 100%, respectivamente, sem que nenhuma onda P fosse falsamente classificada.

Pode-se concluir que esse novo algoritmo de DSP mostra uma excelente discriminação de FFRWs sob condições off-line e justifica a sua implementação em marcapassos futuros para discriminação em tempo real entre ondas P e FFRWs. Esse método evita um falso mode switching e permite uma estimulação de intervenção correta e imediata para taquiarritmias atriais.

<sup>(1)</sup>Heart Lung Center Utrecht, Department of Cardiology, St. Antonius Hospital, Nieuwegein; <sup>(2)</sup>Vitatron B.V., Arnhem; <sup>(3)</sup>Department of Cardiology, Hospital "Scheperziekenhuis", Emmen, Holanda; <sup>(4)</sup>Department of Cardiology and Angiology, University Hospital "Bergmannsheil", Bochum, Alemanha; <sup>(5)</sup>Department of Cardiology, Hospital "Masarykova", Usti nad Labem; <sup>(6)</sup>Department of Cardiology, Hospital "Homolce", Praga, República Tcheca; <sup>(7)</sup>Department of Cardiology, University Hospital Charité, Berlim, Alemanha.