

Estado da Arte: Interferência de Aparelhos de Comunicação Sem Fio Sobre Marcapassos e Desfibriladores Implantáveis

David L. HAYES⁽¹⁾, Roger G. CARRILLO⁽¹⁾, Gretchen K. FINDLAY⁽²⁾, Martha EMBREY⁽²⁾

Reblampa 78024-181

HAYES D L. CARRILLO R G. FINDLAY G K. EMBREY M. Estado da arte: interferência dos aparelhos de comunicação sem fio sobre marcapassos e desfibriladores implantáveis. Reblampa 1997;10(3):123-133.

RESUMO: O uso de aparelhos de comunicação sem fio tem aumentado rapidamente, com estimativas atuais da indústria de 50.000.000 de usuários dos serviços de telefonia celular, um número que se espera duplique até o ano 2000. Em virtude do fato de que dispositivos de comunicação sem fio emitem sinais de radiofrequência (RF), eles têm o potencial de interferir dispositivos implantáveis. Os mecanismos e a magnitude dessa interferência devem ser considerados em termos do tipo de aparelho de comunicação utilizado e das características individuais do dispositivo implantado que está exposto à emissão de RF. A presente revisão discute os efeitos potenciais dos aparelhos de comunicação sem fio sobre os dispositivos implantáveis e faz recomendações iniciais para os pacientes com tais dispositivos implantados.

DESCRITORES: desfibrilador cardíaco implantável, telefonemas móveis.

INTRODUÇÃO

A interferência eletromagnética (IEM) é um fenômeno que pode ocorrer quando um dispositivo eletrônico é exposto a um campo eletromagnético. Qualquer dispositivo que tenha um circuito eletrônico pode ser susceptível à interferência. Emissões irradiadas são uma fonte comum de IEM. Quando um dispositivo eletrônico é exposto a sinais de radiofrequência(RF), a energia desses sinais é absorvida pelo circuito eletrônico e outros componentes, e a função do dispositivo pode ser alterada. Em contrapartida, existe a compatibilidade eletromagnética, uma ciência própria em que áreas específicas

de interferência são identificadas, circuitos são redesenhados, ou uma blindagem é providenciada para se evitar qualquer interferência potencial.

Na perspectiva da saúde pública a IEM pode não ter conseqüências (ex.: um rádio que cause interferência na tela de um computador). Entretanto, a interferência pode às vezes resultar numa situação de risco de vida quando equipamentos médicos de função crítica estão envolvidos. A Food and Drug Administration (FDA) publicou recentemente um relatório que cita 101 situações de interferência que chegaram ao seu conhecimento entre 1979 e 1993¹.

Da Divisão de Doenças Cardiovasculares, Mayo Clinic, Mayo Foundation, Rochester, Minnesota; do ⁽¹⁾Departamento de Cirurgia Torácica e Cardiovascular, Mount Sinai Medical Center of Greater Miami, Miami, Florida; e da ⁽²⁾Wireless Technology Research, Washington, D.C. Artigo publicado na **PACE** 1996; 19: 1419-1430 e selecionado para publicação na Reblampa como parte do convênio científico firmado entre ambas.

Tradução e revisão final: Dr. Hélio Lima de Brito Júnior, professor da disciplina de Cardiologia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Juiz de Fora e membro especialista do Deca/SBCCV.

Endereço para correspondência: David L.Hayes, M.D., Division of Cardiovascular Diseases, Mayo Clinic, Rochester, MN, USA 55905. Fax: (507)284-5470.

Trabalho recebido em 06/1997 e publicado em 09/1997.

Os marcapassos constituem um problema singular. Atuam não apenas como dispositivos de suporte à vida, mas também são implantados em pacientes ambulatoriais que não estão confinados a um hospital ou a outro ambiente controlado. Essas pessoas entram em contato com campos eletromagnéticos em casa, no trabalho, e em outros ambientes do dia a dia.

A IEM envolvendo telefones sem fio e marcapassos foi levantada em junho de 1994 quando três artigos diferentes foram apresentados na conferência científica anual da Sociedade de Bioeletromagnetismo. Os estudos apresentados consistiam tanto de experiências *in vitro* quanto em humanos, nas quais o telefone era manipulado próximo do marcapasso, numa tentativa de produzir os efeitos. Os resultados indicaram que a interferência podia ser produzida quando o telefone ficava muito próximo ao marcapasso. Os telefones usados nesses estudos utilizavam uma tecnologia européia que não está disponível atualmente nos Estados Unidos. Não obstante, os relatos de interferência geraram questionamentos válidos sobre as tecnologias utilizadas nos Estados Unidos e indicaram a necessidade de investigações complementares.

Tecnologias de telefonia que não foram investigadas quanto a esse tipo de interação estão atualmente disponíveis nos Estados Unidos, e muitas mais serão introduzidas num futuro próximo. Os telefones sem fio obedecem a padrões restritos adotados pela Comissão Federal de Comunicação, que estabeleceu limites relativos aos níveis de energia e às frequências utilizadas. Esses fatores têm um impacto importante no potencial de interferência sobre os dispositivos implantados. Além disso, os equipamentos médicos, tais como os marcapassos e os cardioversores-desfibriladores implantáveis (CDIs), seguem seus próprios padrões para definir o tipo de blindagem. Há uma deficiência, entretanto, de estudos empíricos investigando as interações entre as fontes de RF e os dispositivos implantados. Portanto,

é importante que se desenvolva uma base de dados que consiga identificar como marcapassos e CDIs reagem quando o paciente é exposto a campos de RF gerados por telefones sem fio em situações cotidianas.

Tecnologia de Telefonia Celular

Todos os dispositivos que transmitem sinais de rádio, tais como torres de transmissão de rádio e telefones celulares, emitem ondas de RF, ou seja, energia eletromagnética sob a forma de campos elétricos e magnéticos que variam periodicamente no tempo e espaço. A indústria estima que existam 50.000.000 de assinantes de serviços de telefonia celular, um número que se espera duplique até o ano 2000². Os telefones celulares transmitem mensagens vocais através do envio de sinais a partir de uma antena usando ondas de rádio em frequências entre 824 e 894 MHz. No sistema atualmente mais utilizado nos Estados Unidos, telefones celulares digitais usam até um máximo de 0,6 W de potência para transmitir mensagens a uma torre transmissora celular. O nível de potência usado pelo telefone varia durante uma chamada. A uma grande distância da torre, o aparelho pode usar até 0,6 W. Quando mais próximo da torre, o telefone pode precisar de apenas 0,05 W para transmitir o sinal. O número de telefones em uso num sistema num dado momento também afeta a potência.

A antena do telefone celular é a fonte mais importante de energia eletromagnética, que poderia ser medida como elétrica (campo E) ou magnética (campo H). Seu tamanho, formato e força podem variar de acordo com o desenho da antena. Usualmente, os campos E são localizados na parte superior e inferior da antena, enquanto o campo H, o mais importante, localiza-se no centro da antena. Ele penetra na pele e induz um campo elétrico nos líquidos corporais. Apesar de uma atenuação de 20 a 30%, o montante de energia que penetra é significativo.

TABELA I
Modos de Transmissão para os Telefones Celulares

Modos	Categoria	Tipo	Siglas	Potência	Uso
Análogo	Acesso Múltiplo por Divisão de Frequência (FDMA)	Frequência Modulada	AMPS, NAM PS	0,6-3,0 W	Mundial
Digital	Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo (TDMA)	Digital Norte Americano	NADC	0,6-3,0 W	USA, América Latina
	Acesso Múltiplo por Códigos (CDMA)	US TDMA	US TDMA, ESMR	1,0 W	USA, Japão
		Grupo de Sistema Móvel por Código Sequencial	GSM CDMA	2,0-8,0 W 0,2 W	Europa, Austrália USA

Os telefones celulares transmitem mensagens analógicas ou digitais, dependendo do tipo de aparelho e do serviço disponível.

No sistema analógico, as mensagens são transmitidas pela modulação ou variação da amplitude da onda (altura) ou de sua frequência (número de oscilações da onda por segundo). Isto também é chamado de transmissão de acesso múltiplo por divisão de frequência (Tabela I). No sistema digital, as mensagens são transmitidas numa seqüência de pulsos rápidos. Uma vantagem da transmissão digital é que ela aumenta a capacidade dos canais, permitindo que vários usuários transmitam mensagens na mesma frequência e ao mesmo tempo. Os sinais analógicos são ondas contínuas e os digitais são pulsos. Em virtude do fato de que a tecnologia digital é mais eficiente no uso dos canais, a indústria está focalizando esta opção para uso futuro. Os dispositivos de comunicação sem fio operam em uma das duas bandas de um espectro. Os telefones celulares operam no espectro de 820 a 960 MHz e os sistemas de comunicação pessoal (PCS) (veja abaixo) operam num espectro de 1,8 a 2,2 GHz (Tabela II).

Nos Estados Unidos, atualmente existem duas modalidades principais para transmissão digital relevantes quanto à questão da interação marcapasso/telefone (Tabela I). Existe o Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo (TDMA) e Acesso Múltiplo por Divisão de Código (CDMA).

A transmissão de sinal TDMA é feita através de seqüências curtas de pulsos rápidos. No momento atual existem três sistemas principais que fornecem a transmissão TDMA: a Celular Digital da América do Norte (NADC), a Sistema Global para Comunicações Móveis (GSM) e a US TDMA.

A NADC opera em frequências entre 800 e 900 MHz, sendo os dados transmitidos em pulsos rápidos através da oscilação do sinal, *ligado* e *desligado*, 50 vezes por segundo. Os aparelhos portáteis utilizando esta tecnologia transmitem a uma potência máxima de 0,6 W. A maior unidade transportável pode transmitir até 3 W.

A GSM opera em frequências entre 890 e 960 MHz, utilizando uma frequência de pulso de 217 Hz. Este sistema também utiliza uma pausa DTX de 2 a 4 Hz projetada para economizar a energia da bate-

ria. Modelos portáteis utilizando a tecnologia GSM transmitem a 2 W, enquanto os modelos transportáveis podem alcançar até 8 W. Em geral a potência gerada a partir dos aparelhos europeus é mais elevada em virtude das maiores distâncias que precisam para transmitir às estações-base, pois a densidade destas é menor na Europa do que nos Estados Unidos.

A US TDMA utiliza uma combinação de tecnologia celular e de troncos, comumente usada pela polícia, corpo de bombeiros e corporações industriais. Este sistema transmite na faixa de 800 a 900 MHz, utilizando uma frequência de pulso de 11 Hz. Suas unidades portáteis transmitem a uma potência máxima de 1 W.

O sistema digital CDMA está ganhando popularidade. Ao invés de seqüências simples de pulsos rápidos, usa seqüências mais complexas de pulsos. Dependendo do montante de unidades vocais sendo transmitidas, este sistema pode ocupar uma transmissão em frequência total, meia frequência, um quarto de frequência ou um oitavo de frequência. Durante a frequência total há uma transmissão constante, enquanto que a um oitavo de frequência há pulsos de 1,25 ms numa seqüência pseudorandomizada. Este tipo de randomização é feito de acordo com um código para assegurar a privacidade da transmissão³.

Uma outra tecnologia em evolução é o PCS. Esse sistema opera no espectro de 1,8 a 2,2 GHz. Ele foi projetado para ser usado em aparelhos de comunicação de bolso que podem transmitir voz e/ou dados. Essas unidades podem ser analógicas ou digitais e podem transmitir a uma potência máxima de 0,1 a 2,0 W.

Interferência Eletro-Magnética (IEM)

Para os marcapassos a IEM pode ser definida como qualquer interferência ou distúrbio desencadeado a partir de uma atividade eletromagnética que comprometa a operação normal do mesmos. A IEM pode vir de uma fonte conduzida ou irradiada. A interferência conduzida ocorre quando o corpo entra em contato direto com a fonte elétrica (usualmente por acidente). Este tipo de contato pode causar um dano permanente ao marcapasso. A interferência irradiada resulta da exposição indireta a um campo

TABELA II
Dispositivos de Comunicação sem Fio

Tipo	Espectro de Banda	Potência	Uso
Telefones Celulares	820-960 MHz	0,2-8,0 W	Distribuição Mundial
Sistemas de Comunicações Pessoais (PCS)	1,8-2,2 GHz	0,1 W	Teste no Canadá, USA

eletromagnético⁴. Um campo eletromagnético circunda uma carga elétrica em movimento num fio ou num dispositivo elétrico, ou em torno de um dispositivo que transmita várias formas de ondas eletromagnéticas, tais como as ondas de rádio⁴. A interferência no marcapasso também pode ser causada por miopotenciais. Marcapassos bipolares são menos susceptíveis do que os unipolares, em virtude da sua área de antena ser relativamente pequena pela localização dos dois eletrodos dentro do coração. Na imensa maioria dos casos, IEM é temporária, persistindo apenas quando o marcapasso está dentro do alcance da fonte. Entretanto, sob certas condições, é possível que a interferência irradiada cause dano permanente a um marcapasso, especialmente dentro do ambiente hospitalar⁵.

Os fatores que contribuem para os efeitos da IEM sobre um marcapasso incluem a potência do campo eletromagnético, o espectro do sinal, a distância e o posicionamento do marcapasso em relação à fonte, a configuração do eletrodo (unipolar ou bipolar) e o modo de funcionamento programados⁴. As respostas mais frequentes à IEM são a inibição ou a deflagração de estímulos do marcapasso e a reversão ao modo assíncrono (modo de ruído). Respostas menos frequentes incluem a reprogramação de parâmetros já programados e/ou dano permanente ao circuito ou à interface eletrodo-miocárdio.

Uma vez que a maioria das respostas são transitórias, ocorrendo somente quando o marcapasso está próximo da fonte de interferência, tem sido difícil para os pesquisadores e clínicos definirem aquelas que tem significado clínico. Além disso, o que é clinicamente significativo num paciente dependente de marcapasso pode não ser significativo num paciente não dependente.

A avaliação dos efeitos da IEM sobre os pacientes dependentes de marcapasso difere da avaliação da maioria dos pacientes que não o são. Um atraso no retorno do marcapasso à função normal pode ser sério para um paciente dependente, enquanto que muitos daqueles não dependentes sequer tomam consciência de uma alteração na função de seu marcapasso. Este fato contribui para a dificuldade em se estabelecer a prevalência de IEM nos marcapassos.

Em resposta a um número crescente de relatos de IEM em marcapassos, a FDA estabeleceu diretrizes para o projeto e a manufatura desses aparelhos, afim de restringir sua susceptibilidade à IEM através de blindagem. Os marcapassos fabricados e vendidos em outros países também seguem essas diretrizes⁴. Embora os relatos de IEM antes que essas diretrizes fossem estabelecidas ofereçam um quadro dos problemas que estavam sendo encontrados, é necessário entender que os marcapassos fabricados

após as diretrizes da FDA oferecem mais proteção contra a IEM.

Os marcapassos atuais são protegidos contra a IEM através de blindagem metálica, filtros de baixa passagem e algoritmos que identificam fontes não cardíacas de IEM. Juntamente com a blindagem e a análise de ruídos, a maioria dos marcapassos modernos são projetados para reverter a uma frequência fixa ou ao modo assíncrono se algum ruído conseguir penetrar. Esta reversão ocorre na presença de sinais contínuos de interferência acima de 10 a 15 Hz⁶. A reversão faz com que haja competição indesejável entre os estímulos do marcapasso e o ritmo cardíaco natural do paciente. Como o marcapasso requer uma interferência contínua por um certo período de tempo antes de reverter ao modo de frequência fixa, um sinal não contínuo ou pulsado pode resultar em inibição em vez de reversão para o modo de ruído⁷. Ainda existem algumas fontes de interferência tais como radiações ionizantes, aparelhos de imagem de ressonância magnética e eletrocautérios que conseguem burlar a proteção contra ruídos e que podem ser um problema, particularmente para pacientes dependentes do marcapasso.

Os marcapassos bipolares permanecem menos susceptíveis à IEM do que os contemporâneos na configuração unipolar^{8,9}.

O Instituto de Pesquisa Tecnológica da Georgia em Atlanta começou a testar a reação dos marcapassos à IEM de alta potência em 1971. Os marcapassos foram expostos (*in vitro*) a sinais pulsados de 450 MHz e contínuos de 2,450 MHz (microondas) em níveis variáveis de potência. Eles relataram que desde 1977 (coincidindo com as diretrizes da FDA para marcapassos em 1976), a maioria dos marcapassos testados têm se mostrado imunes às interferências a partir de campos de 450 MHz, com forças de campo tão elevadas quanto 220 a 260 V/m⁶. Resultados semelhantes foram obtidos nos testes de susceptibilidade às microondas. Alguns protótipos de marcapassos enviados ao laboratório para testes foram susceptíveis a níveis de potência < 200 V/m, ocasião em que os fabricantes foram notificados e os projetos corrigidos.

Nos últimos anos, houve alguns estudos e relatos de casos de interferência em marcapasso através de fontes eletromagnéticas no últimos anos. Os efeitos observados foram tanto positivos quanto negativos e alguns estudos que investigaram os marcapassos *in vitro* e então *in vivo* encontraram efeitos no primeiro caso, mas não no segundo. Os relatos têm sido primariamente a respeito de aparelhos médicos e de diagnóstico: eletrocautério^{10,11} ablação por RF¹², ressonância nuclear magnética¹³, e estimuladores da medula espinhal¹⁴. Entretanto, têm havido algumas investigações de fontes não médi-

cas como dispositivos anti-roubo e terminais de venda¹⁵. Na Europa, dois estudos diferentes, de Dodinot et al.¹⁶ e Beaugeard et al.¹⁷, relataram episódios de disfunção de marcapassos com esses dispositivos.

Este artigo faz uma revisão dos efeitos dos aparelhos de comunicação sem fio, tais como telefones celulares e dispositivos de comunicação pessoal, sobre os marcapassos. Isto não inclui telefones domésticos portáteis ou sem fio. Não há nenhuma evidência até o presente momento de que os telefones domiciliares sem fio interfiram na função de marcapassos implantados.

Avaliação "In Vitro" da Interferência entre Telefones Celulares e Marcapassos

Até a presente data, um número limitado de estudos preliminares *in vitro* sobre a interferência do telefone celular nos marcapassos foi conduzido. Múltiplos estudos *in vitro* foram realizados por Stranderg¹⁸ na Siemens-Elema AB na Suécia. Num estudo de 1992, foram avaliados três telefones NMT¹⁸: um sistema de 450 MHz com 15 W e uma estação do tipo carro com uma antena móvel de teto; um sistema de 450 MHz com 15 W e uma estação do tipo mala com antena integrada e um sistema de 900 MHz com 1 W em uma unidade portátil com antena integrada. O marcapasso VVI foi testado num tanque com solução fisiológica e num tanque sem a solução, somente com ar. O marcapasso foi programado para sensibilidade máxima. Os telefones ativados foram colocados em posições próximas ao marcapasso e a várias porções de seu cabo-eletrodo. Nenhuma interferência foi observada quando os marcapassos foram testados no tanque com solução fisiológica. No ambiente com ar somente, observou-se IEM em todos os três telefones. A conclusão foi que a IEM não aconteceria com o marcapasso implantado, mas somente externamente ou com outros aparelhos eletrônicos que não estivessem bem aterrados.

Num estudo posterior também realizado em 1992 no mesmo centro de testes, Vock et al.¹⁹ avaliaram um marcapasso unipolar VVI em circunstâncias semelhantes, desta vez com um telefone móvel TDMA Gigaset 952 (Siemens-Elema, Solna, Suécia). Novamente não se observaram interferências quando o teste foi conduzido num banho de solução fisiológica. A única IEM vista foi no ambiente com ar apenas.

Em 1993 Strandberg²⁰ testou um outro telefone GSM. Três marcapassos foram testados, um AAI unipolar, um VVI unipolar e um com resposta de frequência programado para SSI com o sensor no modo "passivo". O teste foi novamente executado em banhos de solução fisiológica de dois tipos, e um marcapasso foi testado num ambiente apenas com ar. Nenhuma interferência foi observada nos banhos de solução fisiológica, mas o único marcapasso testado sem solução fisiológica foi afetado por IEM.

Numa publicação mais recente, Moberg e Strandberg²¹ testaram um telefone GSM 7,6 W da Siemens do tipo S24859-2000 para carro, com uma antena integrada. Três marcapassos com máxima sensibilidade foram testados num tanque de solução fisiológica. Novamente nenhuma IEM ocorreu com os marcapassos expostos ao telefone GSM durante a imersão no banho de solução fisiológica, mas observou-se IEM num ambiente em que havia apenas ar. Este estudo também incluiu uma avaliação da telemetria do marcapasso e a interferência foi observada em distâncias < 0,4 m entre o cabeçote de telemetria e a antena do telefone.

Num estudo Italiano semelhante²², um número não especificado de marcapassos uni e bipolares foram testados imersos em solução fisiológica e então comparados àqueles testados no ar ambiente. Não se observou qualquer inibição dos marcapassos imersos em banhos fisiológicos. Um campo elétrico foi aumentado até um nível de 200 V/m, correspondendo a uma potência de pico de transmissão de 208 W, numa distância de 0,5 m, e nenhuma interferência foi vista. Durante o teste em ar ambiente, um campo elétrico de pelo menos 40 V/m, correspondendo a uma potência de pico de transmissão de 8 W de um telefone GSM, a uma distância de 0,5 m foi necessário para causar a inibição de um marcapasso unipolar. Para marcapassos bipolares, necessitou-se de um campo elétrico > 75 V/m, com potência de pico de transmissão de 28 W a 0,5 m para causar inibição do marcapasso.

Irnich et al.²³ avaliaram 231 modelos de marcapassos de 20 fabricantes. O marcapasso com o eletrodo era colocado num tanque de solução fisiológica, com antena do telefone móvel posicionada tão próxima quanto possível. Ocorrendo IEM, a antena era elevada até que esta cessasse. Dos 231 marcapassos testados, alguma forma de intercorrência ocorreu em 106 (45,9%) com o uso de telefones móveis C-, D- e E-net. Os autores concluíram que seria pessimista pensar que uma incidência tão alta de IEM seria vista *in vivo* porque nenhum paciente usaria simultaneamente telefones C- e D-net. Tomados separadamente, os telefones C- e D-net, a incidência de IEM foi de 30,7% e 34,2%, respectivamente, para todos os modelos de marcapassos testados. Nenhuma interferência foi observada com os telefones E-net. A respeito dos telefones D-net, todos os marcapassos de seis fabricantes mostraram não serem afetados. Dos outros 11 fabricantes, alguns modelos foram afetados e outros não. Os autores concluíram que, embora 27% dos pacientes possam experimentar interferência com os telefones D-net, em geral o uso de telefones celulares por pacientes com marcapassos não deve ser questionado. Preconizam que seja mantida uma distância de 25 cm, suficiente para garantir a integridade

de do marcapasso no que diz respeito a telefones móveis portáteis. No caso de telefones portáteis maiores, estes devem ser mantidos a uma distância de aproximadamente 0,5 m do marcapasso.

Um outro grupo de pesquisadores²⁴ testou a interferência do telefone celular GSM sobre o marcapasso *in vitro* e *in vivo*. Aproximadamente 30 marcapassos foram testados *in vitro*. Os resultados foram agrupados em: reversão para o modo assíncrono, sincronização e inibição. Os efeitos ocorreram quando os telefones foram colocados muito próximos do marcapasso. Nenhuma informação foi fornecida sobre a potência gerada pelo instrumento. O teste *in vitro* 48,1% dos marcapassos, não sofreram interferências, 18,5% apresentaram, reversão para o modo assíncrono, 11,1% sincronização e 22,2% alguma combinação de inibição, assincronismo e sincronização.

Carrillo et al.²⁵ também realizaram estudos *in vitro* com marcapassos imersos solução fisiológica. As medidas dos campos eletromagnéticos foram tomadas próximas à antena do telefone celular, no espaço livre e no tanque com solução fisiológica. Concluíram que os campos magnéticos produziam mais interferência sobre o marcapasso do que os campos elétricos. Estabeleceram também que a interferência máxima sobre os marcapassos acontecia quando o seu cabeçote de conexão estava próxima ao pico desses campos. Verificaram que o cabo-eletrodo do marcapasso tinha pequena importância no fenômeno de interferência. As distâncias em que a interferência sobre o marcapasso foi observada variaram de 2,0 a 10 cm. Medidas obtidas no tanque de solução fisiológica assim como nos líquidos corporais mostraram diminuições marcantes na intensidade do campo eletromagnético.

Contrariamente, estudos realizados no espaço livre revelaram uma incidência mais elevada de disfunção do marcapasso. Por exemplo, um estudo de Ehlers et al.²⁶ evidenciou 29% de inibição dos marcapassos até uma distância de 30 cm quando eram utilizados telefones celulares GSM de 2 W. Observaram também 57% de inibição dos marcapassos numa distância de até 200 cm com telefones celulares GSM de 8 W.

Um estudo *in vitro* em larga escala está atualmente sendo realizado no Centro de Estudos de Compatibilidade Eletromagnética na Comunicação sem Fio na Universidade de Oklahoma e até agora não existem resultados publicados²⁷. Por um lado, os resultados deste estudo *in vitro* devem ajudar a determinar se há riscos para a saúde pública e qual a sua extensão. Por outro lado, o estudo também foi projetado para identificar as abordagens preventivas possíveis e as medidas que devem ser implementadas para reduzir o risco. Os objetivos do estudo *in vitro*

são determinar se existem interações entre os telefones celulares e os marcapassos, assim como investigar as condições que podem promover essas alterações e elucidar o mecanismo da interação.

Avaliação "in vivo" da Interferência entre Telefones Celulares e Marcapassos

Com relação à resposta dos marcapassos aos telefones celulares, até o momento os dados *in vivo* disponíveis são limitados. Hayes et al.²⁸ estudaram 30 pacientes, utilizando para isso 3 telefones analógicos, dois portáteis operando a um máximo de 0,6 W e um transportável operando a um máximo de 3 W. Todos os três telefones operavam na faixa de 824 a 846 MHz. Dos 30 pacientes não dependentes do marcapasso, 24 eram portadores de marcapassos, 8 tinham CDIs e 2 pacientes tinham ambos. Dezenove modelos de marcapasso eram provenientes de quatro fabricantes e eram duas as marcas de CDIs. O teste consistiu em colocar o bocal e a peça auricular do telefone ativado sobre o marcapasso e realizar uma transmissão transtelefônica padronizada. Todo o teste foi executado sob a monitorização contínua do ECG. Ao final, cada marcapasso foi verificado para documentar se não havia acontecido reprogramação. Nenhuma interferência ou reprogramação foi observada em qualquer dispositivo durante as manobras.

Carrillo et al.²⁹ estão entre os primeiros a realizar investigações *in vivo* nos Estados Unidos com telefones digitais. Relatam o teste que realizaram com 59 pacientes não dependentes de marcapasso utilizando telefones celulares digitais que transmitiam na faixa de 800 a 900 MHz. Os marcapassos foram programados para a sensibilidade máxima antes do teste. Um total de 170 testes foram executados com uma média de 2,8 testes por paciente. Cada paciente foi testado através da colocação do telefone acionado e da sua movimentação sobre o marcapasso enquanto se monitorizava de maneira contínua o eletrocardiograma do paciente. Não se detectou nenhuma interferência com o telefone acionado. Observou-se interferência em 21 pacientes (36,2%), 39 testes (22,9%), e 19 modelos de marcapassos (54%) quando o telefone foi colocado sobre o marcapasso. O tipo de interferência observada foi inibição em 21 testes, detecção de interferência pelo canal atrial e estimulação ventricular rápida em 12, estimulação assíncrona em 14 e estimulação ventricular de segurança em 5. Dos 39 testes positivos, 8 (24%) foram na configuração unipolar e 31 (22%) na bipolar. Num relato separado, Carrillo et al.³⁰ concluíram que a disfunção do marcapasso pode ocorrer em pacientes a uma distância média de 1,4 cm, com desvio padrão de 0,6 cm (faixa de 1 a 5 cm).

Hayes et al.³¹ também relataram um estudo piloto com telefones celulares digitais. Trinta pacientes

não dependentes de marcapasso foram testados, tendo sido usados quatro telefones celulares TDMA. Três dos telefones eram portáteis, com uma potência de pulso de 0,6 W, e um era transportável, com potência de 3 W. O teste do marcapasso foi conduzido sob monitorização eletrocardiográfica contínua e após a programação do marcapasso para o valor mais sensível e com frequência de forma a assegurar o comando do coração. Marcapassos de polaridade programável foram testados tanto nas configurações unipolar quanto bipolar. Os telefones foram testados numa posição normal de fala e com o bocal, a peça auricular e a base da antena sobre o marcapasso, a aproximadamente 1 a 2 cm da parede torácica. Foram testados marcapasso de cinco fabricantes diferentes. Dentre eles, 9 eram de câmara única e 21 de dupla-câmara sendo 8 testados exclusivamente na modalidade bipolar, 3 na unipolar e 19 em ambas. Não se observou interferência em 7 marcapassos de dupla-câmara e 7 de câmara única. As interferências observadas nos 16 restantes foram classificadas como detecção de interferência pelo canal atrial seguida de estimulação ventricular em 55 testes, inibição em 7, reversão transitória para modo de ruído em 13 e estimulação ventricular de segurança em 3 testes. A detecção de interferência pelo cabo atrial foi o tipo mais comumente observado. Observou-se maior incidência de interferência quando o marcapasso foi testado com a base da antena sobre o marcapasso e com a utilização do telefone transportável de 3 W. Foram registrados 32 testes positivos na configuração unipolar, e 45 na configuração bipolar.

Naegeli et al.³² realizaram 672 testes em 39 pacientes, usando 4 telefones diferentes: 3 celulares com potência de 2 W e 1 modelo portátil com 8 W. Seis modelos de marcapasso de quatro fabricantes foram testados. Os testes foram executados durante a discagem e durante a conversação. Os marcapassos foram ajustados para níveis diferentes de sensibilidade nos modos unipolar e bipolar, com os telefones móveis colocados diretamente sobre o marcapasso ou sobre a ponta do cabo-eletrodo. Em 7 pacientes (18%), observaram 20 (3%) episódios reproduzíveis de interferência. Em 22 marcapassos de dupla-câmara, a interferência no canal atrial foi observada em 6 (2,4%), e a inibição do marcapasso em 3 (1,7%). Em 17 pacientes com marcapassos VVI, a inibição foi induzida em 11 testes (4,4%). A interferência ocorreu com os telefones a menos de 10 cm do marcapasso e foi mais freqüente com o telefone de alta potência (8W) do que com os modelos celulares de 2 W. Na modalidade bipolar, a inibição ventricular nunca ocorreu. Na modalidade unipolar, a inibição do marcapasso foi induzida em 14 testes, 9 com sensibilidade máxima e 5 com sensibilidade "ajustada". Nenhuma disfunção dos sensores dos marcapassos com resposta de frequência foi observada. Os auto-

res concluíram que, no caso dos telefones móveis testados, ocorreu interferência no canal atrial em 1,4% dos marcapassos e inibição potencialmente perigosa em 2,1%. Entretanto, disfunção permanente ou alterações nos parâmetros programados não foram observadas.

Num outro estudo recente, Wilke et al.³³ testaram 30 pacientes, desta vez usando telefones celulares D-net de 2,5 W. Treze pacientes tinham marcapassos de câmara única e 17 de dupla-câmara; sendo 17 unipolares e 13 bipolares. Solicitou-se a cada paciente que fizesse diversas chamadas com o telefone durante a monitorização do eletrocardiograma. As chamadas foram repetidas após a programação do marcapasso para uma frequência ventricular mínima de 90 batimentos por minuto com a sensibilidade prévia, e depois uma frequência mínima de 90 batimentos por minuto, e com a sensibilidade máxima desde que não ocorresse sensibilidade da onda T. Não foram observadas reprogramação ou reversão ao modo VOO. Dois dos 30 pacientes (3%) mostraram de maneira reproduzível inibição intermitente do marcapasso, ambos na configuração unipolar. Ambos eram assintomáticos e nenhum deles dependente do marcapasso.

A interferência em marcapassos com resposta de frequência em campos de força máxima de aproximadamente 80 V/m foi relatada por Joyner et al.³⁴ que, no resumo do trabalho, afirmam que nenhum efeito de interferência foi observado *in vivo* quando um sinal digital simulado máximo de 25 W foi gerado a 20 cm do tórax do paciente.

Barbaro et al.³⁵ avaliaram 101 pacientes com 43 modelos de marcapasso de 11 fabricantes, tendo feito uso de dois telefones Europeus GSM de 2 W de potência. Quando os marcapassos eram programados para a maior sensibilidade e tendo a antena do telefone em contato direto com o tórax do paciente, observou-se interferência em 26 marcapassos implantados. Os tipos de interferência incluíram inibição do marcapasso em 10, estimulação ventricular a partir de interferência no canal atrial em 9 de 46 marcapassos nos modos DDD ou VDD e modo assíncrono em 4 de 52 casos. Inibição e modo assíncrono foram observados em um paciente e em outros dois casos, inibição e estimulação ventricular deflagrada pelo canal atrial. A duração da interferência foi descrita como sendo de "efeito mínimo" durando aproximadamente 3 segundos, embora em seis pacientes tenha persistido durante todo tempo da interferência do sinal GSM. Não se observou qualquer reprogramação do marcapasso. A interferência foi detectada a uma distância máxima de 10 cm, com o marcapasso programado para a maior sensibilidade. Quando a antena do telefone entrava em contato direto com a pele do paciente sobre o local do im-

plante, a interferência ocorria com sensibilidades ventriculares e atriais máximas de 4 e 2,5 mV, respectivamente.

Além disso, Meisel et al.³⁶ observaram em seus pacientes 7,3% de inibição do marcapasso durante a discagem GSM. Portanto, a inibição do marcapasso tem sido observada não apenas durante a transmissão ativa (modalidade de fala), mas também durante a seqüência de discagem nos telefones celulares GSM.

Ozsaruhan et al.³⁷ observaram inibição intermitente de 2 a 13 segundos ou mesmo inibição contínua de alguns modelos de marcapassos tão logo o telefone celular era ativado. Esse estudo foi executado com telefones celulares GSM. A interferência foi observada mais comumente quando o telefone estava localizado dentro de um raio de 5 cm do marcapasso, mas em alguns casos até a 15 cm de distância.

A dificuldade para avaliar esses achados decorre do fato de que a maioria dos estudos não foi publicada sob a forma de artigo e de que existem algumas discrepâncias nos dados relatados. Além disso, os métodos de estudo variam consideravelmente. Embora haja alguma indicação de interferência que merece investigações adicionais, esses estudos estão muito longe de serem abrangentes. As informações existentes são insuficientes para que se estabeleçam diretrizes de segurança definitivas. Além disso, é essencial destacar as diferenças entre o sistema digital GSM, prevalente na Europa, Ásia e Austrália e com o qual os estudos apresentados em BEMS foram conduzidos, e os sistemas digitais usados nos Estados Unidos. Além do modo DTX usado exclusivamente no GSM, esses sistemas operam com diferentes freqüências de pulso e níveis máximos de potência.

Os estudos relatados até agora tratam da indução de disfunção em marcapassos por telefones celulares digitais. Entretanto, pouco se sabe sobre a sintomatologia nos pacientes produzida por essas disfunções. Relatos de assistole sustentada com perda de consciência durante a inibição do marcapasso foram apresentados por Yesil et al.³⁸, quando do uso de telefones celulares GSM. Também durante a detecção de ruído eletromagnético pelo canal atrial, os pacientes podem sofrer taquicardia induzida e podem se queixar de desconforto. Ainda assim, não existem relatos publicados sobre a incidência desta ou de qualquer outra sintomatologia relacionada.

Definindo e Resolvendo as Questões sobre os Dispositivos Implantados e a Tecnologia de Telefonia Celular

Investigações sobre a interferência potencial a partir dos telefones celulares sobre dispositivos im-

plantados estão acontecendo em vários centros clínicos nos Estados Unidos e Europa. Membros da indústria de telefonia celular e da indústria de marcapasso também estão conduzindo estudos *in vitro* independentes ou colaborando com centros clínicos com *estudos in vitro e/ou in vivo*³⁹.

Um estudo multicêntrico está acontecendo de forma a avaliar o significado clínico da IEM potencial sobre marcapassos permanentes³⁹ desencadeada por telefones celulares. A meta deste estudo é fornecer informações clínicas relevantes e abrangentes sobre os pacientes com marcapassos que utilizam telefones sem fio celulares, para que sirvam como base para investigações futuras. Esse estudo também ajudará aqueles responsáveis pela tomada de decisões sobre questões legais, as orientações dos usuários de telefones celulares e marcapassos e a formulação de recomendações para a fabricação. Irá ainda avaliar a prevalência da interferência em pacientes com marcapassos implantados com programação clinicamente apropriada enquanto utilizam telefones sem fio portáteis. Os testes serão conduzidos em condições que simulem a utilização diária dos telefones.

Estudos Pilotos com CDIs

Os CDIs são dispositivos que detectam distúrbios rápidos e anormais do ritmo das câmaras ventriculares e os tratam eletricamente por meio de cardioversão ou desfibrilação. Os distúrbios do ritmo são a taquicardia ventricular e a fibrilação ventricular, ambas implicando em risco de vida potencial. Existe um risco teórico de que a IEM possa interferir na detecção de um ritmo anormal e causar uma falha no tratamento elétrico da mesma pelo CDI. Alternativamente, a IEM poderia ser interpretada pelo dispositivo como um distúrbio anormal do ritmo, resultando numa descarga elétrica imprópria, cardioversão ou desfibrilação, num paciente assintomático com um ritmo normal. Tais cenários clínicos representam um risco potencial à saúde tão grande ou maior do que a interferência com os marcapassos permanentes.

Até o presente momento existem informações clínicas muito limitadas, publicadas sob forma de resumo ou artigos, relativas à interferência sobre os CDIs desencadeada por telefones celulares. Bassen et al.⁴⁰ relataram *in vitro* uma descarga de desfibriladores internos quando expostos a telefones celulares digitais.

Stanton et al.⁴¹ avaliaram 25 pacientes com CDIs com 7 telefones, dos quais 3 eram analógicos e 4 com as seguintes tecnologias digitais: 2 TDMA; 1 PCS; e 1 CDMA. Com o telefone no modo de teste e a antena colocada sobre o gerador de pulso o teste foi executado para avaliar "oversense", falha de

sensibilidade, estimulação imprópria, "oversense" de arritmia, interferência com a telemetria, e inibição de detecção da fibrilação (FV) induzida. Em virtude do número limitado de induções por paciente, somente telefones digitais foram usados para a parte de indução de FV do estudo. Além disso, para revisar os marcadores de telemetria durante a indução de FV, a sensibilidade da FV foi também analisada comparando o tempo da instalação da FV até completar a detecção na presença e na ausência de um telefone.

Nenhum dos telefones digitais impediu ou prolongou a detecção da FV em comparação com os controles. O número de eletrocardiogramas de FVs subsentidos não diferiu estatisticamente entre os telefones digitais e os controles. Os telefones analógicos e digitais não causaram qualquer falha na sensibilidade do ritmo próprio, "oversense", nem estimulação inapropriada. A interferência com a telemetria ocorreu de maneira intermitente, mas não prejudicou os dados armazenados.

Significado para a Segurança dos Pacientes

O estudo clínico atualmente em andamento sob os auspícios da WTR³⁹ em coordenação com os estudos *in vitro* do Centro para Estudos da Compatibilidade Eletromagnética sem Fio na Universidade de Oklahoma deve fornecer muitas informações necessárias relativas ao significado da segurança e a influência dos telefones celulares sobre os marcapassos permanentes. Os estudos previamente relatados^{23-26,28-38} levantam o tópico de segurança, assim como o fazem relatos mais recentes de casos que estão apenas começando a emergir na literatura médica³⁸. Os estudos em andamento devem fornecer respostas definitivas às seguintes questões:

1. Existe um risco para a saúde pública apresentado pela interação entre marcapassos e instrumentos sem fio?
2. Em caso afirmativo, qual a sua extensão?
3. Quais são as intervenções apropriadas para minimizá-lo?
4. Qual a estratégia apropriada para a implementação dessas intervenções?

De maneira simultânea, grupos de engenharia clínica estão tentando desenvolver padrões para minimizar a interferência com dispositivos médicos. Já em 1991, um grupo de trabalho foi estabelecido para desenvolver padrões considerando os problemas potenciais da IEM com esses dispositivos⁴¹. Acredita-se que não será possível encontrar uma solução técnica universal para todos os problemas de segurança, mas que esses padrões e testes reduzirão a incidência de disfunção em virtude da IEM.

Diretrizes Temporárias para os Pacientes com Marcapassos

Conforme observado anteriormente, recomendações definitivas não são possíveis até que estudos mais conclusivos sejam completados. Por hora, as seguintes diretrizes devem ser consideradas:

1. Os pacientes devem evitar o transporte de seu telefone celular ativado (com o botão na posição "on") num bolso situado sobre o marcapasso.
2. Devem evitar colocar o telefone ativado de forma que a antena do telefone fique muito próxima do marcapasso.
3. Pacientes dependentes do marcapasso devem discutir o uso do telefone celular com o seu médico antes de utilizar telefones com tecnologia digital. Inúmeras razões nos impedem sugerir um protocolo para a avaliação da interferência do telefone celular neste momento. O ambiente de teste deve ser controlado para evitar interferência. O equipamento de ECG usado também deve ser cuidadosamente monitorizado para garantir que não exista nenhum artefato do ECG que possa ser confundido com uma IEM proveniente dos telefones celulares. Além disso, não existe uma maneira fácil de controlar a intensidade do sinal do telefone, que varia na dependência de diversos fatores, incluindo a distância da estação-base da companhia de telefonia celular. Isso também pode afetar a presença ou ausência de IEM em qualquer momento. No momento atual, pacientes dependentes do marcapasso podem continuar a usar telefones com tecnologia analógica até que dados mais definitivos com telefones digitais surjam.

Numa recente Carta ao Editor, Irnich⁴² fez algumas recomendações práticas excelentes. Após compilar os resultados provenientes de muitos estudos que avaliaram a interação entre marcapassos e telefones móveis GSM^{21,23,26,29,31-35,37}, verificou que 18% dos pacientes testados com marcapassos havia demonstrado susceptibilidade à interferência a partir de telefones GSM. Assim sendo recomendou uma seleção cuidadosa dos marcapassos futuros, selecionando aqueles em que se demonstrou ausência de susceptibilidade à interferência. Solicitou ainda que os fabricantes passem a fornecer aos pacientes e aos profissionais de saúde informações relativas à susceptibilidade de seus aparelhos a interferências.

CONCLUSÃO

Os telefones analógicos parecem ser seguros para os pacientes com marcapassos permanentes. Embora existam informações limitadas relativas aos CDIs e aos telefones analógicos, não há como atribuir qualquer evento clínico adverso em pacientes a esses dispositivos que utilizam telefones analógicos.

Até este momento não existe nenhuma informação relativa ao risco potencial à saúde pública apresentado pela interação entre marcapassos e/ou CDIs e outros instrumentos de comunicação sem fio. Os estudos disponíveis demonstraram claramente interferência em pacientes selecionados com marcapassos permanentes, mas os seus dados são inconclusivos e discrepantes.

Neste momento, os pacientes devem ser infor-

mados de que o risco de interferência a partir de tecnologia celular digital ainda não foi determinado e que nenhuma resposta clínica definitiva pode ser dada a questões relativas à interferência. Como uma regra geral, é sensato que o paciente evite carregar o seu telefone ativado num bolso sobre o marcapasso. Além disso, pacientes dependentes do marcapasso, que estão teoricamente sob maior risco de interferência devem ter cautela especial até que informações mais definitivas estejam disponíveis.

Reblampa 78024-181

HAYES D L. CARRILLO R G. FINDLAY G K. EMBREY M. State of the science: pacemaker and defibrillator interference from wireless communication devices. Reblampa 1997;10(3):123-133.

ABSTRACT: The use of wireless communication devices has increased rapidly, with current industry estimates of 50.000.000 subscribers of cellular telephone services, a number that is expected to double by the year 2000. Because wireless communication devices emit RF signals, they have the potential to interfere with implantable devices. The mechanisms of interference and the magnitude of interference must be considered in terms of the type of wireless communication device being used and the characteristics of the individual implantable device that is exposed to the RF emission of the cellular phone. This article reviews the potential effects of wireless communication devices on implantable devices and makes initial recommendations for patients with implantable devices.

DESCRITORES: ICDs, mobile telephones.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Silberberg J L. Performance degradation of electronic medical devices due to electromagnetic interference. *Compl Engin* 1993; 1-8.
- 2 Millington R. The bioelectromagnetics society 16th Annual Meeting, June 1994.
- 3 TIA/EIA/IS-95-A. Mobile station-base station compatibility standard for dual-mode wideband spread spectrum cellular system.
- 4 Sager D P. Current facts on pacemaker electromagnetic interference and their application to clinical care. *Heart Lung* 1987; 16: 211-21.
- 5 Warnowicz-Papp M A. The pacemaker patient and the electromagnetic environment. *Clin Prog Pacing Electrophysiol* 1983; 1: 166-76.
- 6 Denny H W. Jenkins B M. EMG history of cardiac pacemakers. *EMC Test Design* 1993; 4: 33-6.
- 7 D' Cunha G F. Nicoud T. Pemberton A H, et al. Syncopal attacks arising from erratic demand pacemaker function in the vicinity of a television transmitter. *Am J Cardiol* 1973; 31: 789-91.
- 8 Strathmore N F. Interference in cardiac pacemakers. In K A Ellenbogen, GN Kay, BL Wilkoff (editors). *Clinical cardiac pacing*. Philadelphia, W. B. Saunders, 1995: 770-9.
- 9 Astridge P S. Kaye G C. Whitworth S., et al. The response of implanted dual chamber pacemakers to 50-Hz extraneous electrical interference. *PACE* 1993; 16: 1966-74.
- 10 Rasmussen M J. Hayes D L. Vlietstra R E., et al. Can transcutaneous electrical nerve stimulation be safely used in patients with permanent pacemakers? *Mayo Clin Proc* 1988; 63: 443-5.
- 11 O' Flaherty D. Wardill M. Adams A P. Inadvertent suppression of a fixed rate ventricular pacemaker using a peripheral nerve stimulator. *Anesthesia* 1993; 48: 687-9.
- 12 Pfeiffer D. Tebbenhohanns J. Schumacher B., et al. Pacemaker function during radiofrequency ablation. *PACE* 1995; 18: 1037-44.
- 13 Lauck G. von Smekal A. Wolke S., et al. Effects of nuclear magnetic resonance imaging on cardiac pacemakers. *PACE* 1995; 18: 1549-55.

- 14 Romano M. Zucco F. Baldini M R., et al. Technical and clinical problems in patients with simultaneous implantation of a cardiac pacemaker and spinal cord stimulator. *PACE* 1993; 16: 1639-44.
- 15 Marco D. Eisinger G. Hayes D L. Testing of work environments for EMI using pacemaker event recording. ECGs and IEGMs (abstract) *Eur JCPE* 1992; 2: 164.
- 16 Dodinot B. Godenir J P. Costa A B. Electronic article surveillance: a possible danger for pacemaker patients. *PACE* 1993; 16: 46-53.
- 17 Beaugeard D. Kacet S. Bricout M., et al. Interference entre les stimulateurs cardiaques et les detecteurs de vol dans les magasins. *Arch Mal Coeur* 1992; 85: 1457-61.
- 18 Strandberg H. Investigation of pacemakers relative to mobile phones. Siemens Elema Ab, Internal Report, Jan 1, 1992.
- 19 Vock J. Strandberg H. Pillekamp H. Investigation: EMC of pacemakers to cordless telephones DECT. Siemens Elema AB, Internal Report, Sept. 9, 1992.
- 20 Strandberg H. Investigation of pacemakers relative to GSM mobile phones. Siemens Elema AB, Internal Report, April 28, 1993.
- 21 Moberg B L. Strandberg H G. Effects of interference on pacemakers. *Eur JCPE* 1995; 5: 146-57.
- 22 European telecommunications standards institute: potential GSM hazards on cardiac pacemakers. ETSI Technical Report 191; 61/91: 1-6.
- 23 Irnich W. Batz L. Muller R. et al. Störbeeinflussung von Herzschrittmachern durch Mobilfunkgeräte. *Herz-Schrittmacher* 1995; 15: 5-20.
- 24 Barbaro V. Bartolini P. Donato A., et al. GSM cellular phones interference with implantable pacemakers: in vitro and in vivo observations. (Presented at the 1994 BEMS Conference, Istituto Superiore di Sanit, Rome, Italy).
- 25 Carrillo R., Garay O. Balzano Q. et al. Electromagnetic near field interference with implantable medical devices. IEEE 1995 International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Atlanta, Aug 1995: 1-3.
- 26 Ehlers C. Andersen D. Bruggemann T., et al. Functional pacemaker interference by mobile telephones. (abstract) *Circulation* 1995; 92: 1-738.
- 27 Grant H. Personal communication, October 1995.
- 28 Hayes D L. VonFeldt L. Neubauer S., et al. - Does cellular phone technology cause pacemaker or defibrillator interference? (abstract) *PACE* 1995; 18: 842.
- 29 Carrillo R. Saunkeah B. Pickets M., et al. Preliminary observations on cellular telephones and pacemakers. (abstract) *PACE* 1995; 18: 863.
- 30 Carrillo R. Saunkeah B. Traad E., et al. At what distance do cellular telephones interference with pacemakers? (abstract) *PACE* 1995; 18: 1777.
- 31 Hayes D L. VonFeldt L. Neubauer S., et al. Effect of digital cellular phones on permanent pacemakers. (abstract) *PACE* 1995; 18: 863.
- 32 Naegeli B. Deola M. Eicher B., et al. - Pacemaker dysfunction caused by interference with Natel-D mobile phones. (abstract) *PACE* 1995; 18: 842.
- 33 Wilke A. Grimm W. Funck R., et al. Influence of handy phones on pacemaker function - a prospective study in 50 patients with permanent pacemakers. *PACE* 1995; 15: 72-4.
- 34 Joyner K H. Anderson V. Wood M P. Interference and energy deposition rates from digital mobile phones. BEMS (Bioelectromagnetics Society) 1994, Abstract Book, p. 67.
- 35 Barbaro V. Bartolini P. Donato A., et al. Do European GSM mobile cellular phones pose a potential risk to pacemaker patients? *PACE* 1995; 18: 1218-24.
- 36 Meisel E. Kposcek H. Klinghammer L., et al. Interference of mobile phones with function of implanted pacemakers: how significant is the risk? (abstract) *Circulation* 1995; 92: 1-738.
- 37 Özsaruhan O. Oncul A. Umman S., et al. Influence of global system of mobile telephones on permanent pacemakers. *Reblampa* 1995; 8: 157-8.
- 38 Yesil M. Bayata S. Postaci N., et al. Pacemaker inhibition and asystole in a pacemaker dependent patient. *PACE* 1995; 18: 1963.
- 39 Report on Phase One: Laying the Foundation. *Wireless Technology Reserarch*, L. L. C., July 1995.
- 40 Bassen H. Moore H J. Ruggera P S. Cellular phone interference testing of implantable cardiac defibrillators, In-vitro (abstract) *Circulation* 1995; 92: 1-738.
- 41 Bostrom U. Interference from mobile telephone-a challenge for clinical engineers! *Clinical Engineering Update* 1991; 10: 1-2.
- 42 Irnich W. Pacemakers and GSM mobile phones. (letter) *Eur J*