

Ausencia de interferencia entre teléfonos móviles GSM y desfibriladores implantables: estudio in vivo

Marcelo Sanmartín, Ignacio Fernández Lozano, Joaquín Márquez, Isabel Antorrena, Alicia Bautista, Lorenzo Silva, Javier Ortigosa y Manuel de Artaza

Servicio de Cardiología. Clínica Puerta de Hierro. Madrid.

desfibriladores implantables/ telefonía móvil/ campos electromagnéticos

Introducción y objetivos. El campo electromagnético generado por los teléfonos móviles puede causar disfunción de marcapasos. Aunque los desfibriladores implantables son también susceptibles a ese tipo de interferencia, se han realizado pocos estudios para evaluar ese riesgo y la compatibilidad con la tecnología GSM no ha sido probada. El objetivo de este estudio es detectar interferencia in vivo entre teléfonos móviles GSM y desfibriladores.

Material y métodos. La población de estudio se compone de 30 pacientes portadores de 8 modelos distintos de desfibriladores. Veintiséis tenían electrodos endocárdicos y 4 epicárdicos. Se evaluaron tres teléfonos móviles GSM: Siemens S3 COM y Motorola 6200 en todos los casos y Ericsson GA 318 en uno. Las pruebas fueron realizadas bajo monitorización electrocardiográfica continua. Las formas de terapia eran desactivadas y los parámetros de sensibilidad aumentados al máximo valor permitido. Los teléfonos se colocaron en contacto próximo con la carcasa y sobre el precordio, en dos ángulos distintos. Se estudiaron tres situaciones: establecimiento de llamada, contacto durante 15 s y recepción de llamada. Se repitió el protocolo durante estimulación a frecuencias superiores a la basal para evaluar una posible inhibición del modo de marcapasos.

Resultados. No se observaron casos de interferencia electromagnética. Un paciente presentó episodios espontáneos de taquicardia ventricular no sostenida durante las pruebas que fueron detectados por el desfibrilador.

Conclusiones. Los resultados sugieren que la interferencia electromagnética por teléfonos móviles GSM es una causa poco probable de disfunción de los desfibriladores implantables.

ABSENCE OF INTERFERENCE BETWEEN GSM MOBILE TELEPHONES AND CARDIOVERTER DEFIBRILLATORS: IN VIVO STUDY

Introduction and objectives. The electromagnetic field created by mobile telephones can cause pacemaker dysfunction. Although implantable cardioverter defibrillators are also susceptible to electromagnetic interference, few studies addressed this issue and compatibility with GSM mode has not been tested. This study was developed to detect possible «in vivo» interference between GSM mobile telephones and implantable cardioverter defibrillators.

Material and methods. The study group is composed by 30 patients with 8 different models of defibrillators. Twenty six had endocardial leads and 4 epicardial. Three GSM mobile phones were used: Siemens S3 COM and Motorola 6200 in all cases and Ericsson GA 318 in one. The tests were performed under continuous electrocardiographic monitoring. All therapies were disabled and sensitivity were set to maximal parameters. The telephones were positioned in close contact to defibrillator can and precordium, in two different angles. Three situations were evaluated: calling, established contact during 15 seconds and ringing. The protocol was repeated during pacing to assess the possibility of pacemaker mode inhibition.

Results. No cases of electromagnetic interference were observed. One patient presented non sustained ventricular tachycardia episodes during the tests that were detected by the defibrillator.

Conclusions. This results suggests that electromagnetic interference by GSM mobile phones are not a probable cause of implantable defibrillators dysfunction.

(*Rev Esp Cardiol* 1997; 50: 715-719)

Correspondencia: Dr. M. Sanmartín Fernández.
Santiago de Compostela, 46, 9.º C. 28034 Madrid.
E-mail: marcelo@mundivia.es

Recibido el 5 de mayo de 1997.

Aceptado para su publicación el 27 de junio de 1997.

INTRODUCCIÓN

Estudios in vitro e in vivo han demostrado de forma convincente la interacción entre teléfonos móviles y marcapasos (MP)¹⁻¹³. Se ha sugerido que la tecnología analógica parece más segura y que la transmisión de señales por sistema digital podría llevar a interferencia de hasta un tercio de los MP probados^{10,14}. Se han propuesto algunas recomendaciones a profesionales encargados de la fabricación y seguimiento de esos dispositivos y a los pacientes¹⁵.

Los desfibriladores automáticos implantables (DAI) son también sensibles a las interferencias electromagnéticas¹⁶⁻¹⁸ y los teléfonos móviles son la fuente de más fácil acceso. Existe evidencia de un mayor riesgo para los que utilizan sistemas de transmisión digital^{10,13}, representados en nuestro medio por los GSM (*Groupes Systemes Mobiles*). Las consecuencias clínicas podrían ser desastrosas. La detección de ruido electromagnético podría llevar a choques inapropiados, a fallos en el diagnóstico de arritmias ventriculares o a inhibición de la estimulación en pacientes dependientes de MP. El desconocimiento relativo sobre las repercusiones del campo electromagnético creado por los teléfonos móviles sobre la función de los DAI hace difícil la generalización de las recomendaciones elaboradas y probablemente lleva a que muchos pacientes sean privados de ese avance en la tecnología de las comunicaciones.

Desarrollamos un estudio in vivo con el objetivo de establecer el riesgo de interferencia entre teléfonos móviles con tecnología digital y desfibriladores.

MATERIAL Y MÉTODOS

Población y dispositivos

Se incluyeron en el estudio 30 pacientes portadores de DAI. La cardiopatía de base era miocardiopatía dilatada en 7, cardiopatía isquémica en 14, displasia arritmogénica de ventrículo derecho en 2, fibrilación ventricular idiopática en 4, enfermedad valvular en 2 y miocardiopatía hipertrófica en 1. En 13 casos había historia de terapias previas. Se obtuvo consentimiento informado de todos los pacientes.

Los desfibriladores estudiados se exponen en la **tabla 1**. Los modelos son de uso corriente en nuestro medio e incluían 27 de CPI (Ventak P2; PRx II; PRx III; MINI; MINI II) y 3 de Medtronic (7217B; JEWELL 7219 y JEWELL PLUS). Veintiséis pacientes tenían sistemas endocárdicos, cuatro de ellos con parches subcutáneos. Cuatro eran portadores de sistemas epicárdicos. Dieciséis tenían el dispositivo en la pared abdominal y en 14 la implantación era subcutánea pectoral.

TABLA 1
Lista de desfibriladores implantados utilizados en el estudio

Desfibriladores	n
CPI	27
Ventak P2	2
PRxII	2
PRxIII	9
Mini	6
Mini II	8
Medtronic	3
7217B	1
Jewell	1
Jewell plus	1
Total	30

Teléfonos

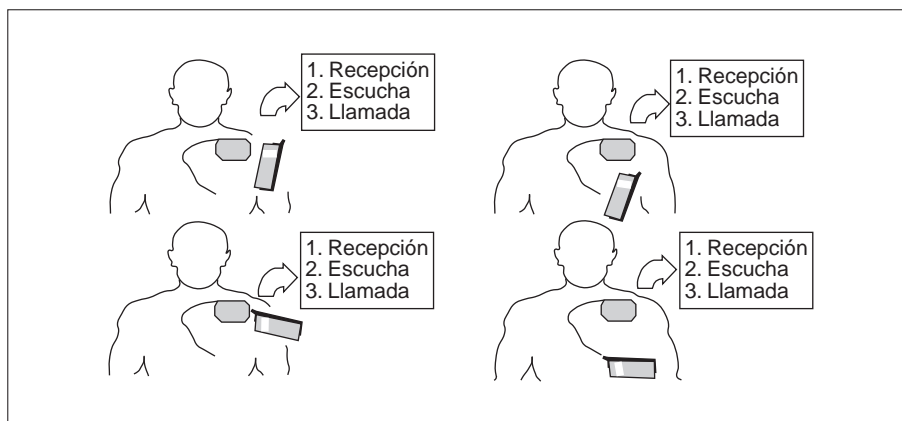
Los teléfonos celulares empleados fueron Siemens S3 COM y Motorola 6200 en todos los casos. En un paciente se probó un Ericsson GA 318. Todos los modelos funcionaban según tecnología digital GSM y disponían de una potencia de salida máxima de 2 W.

Protocolo de estudio

Se realizaron las pruebas con el paciente en decúbito supino y bajo monitorización electrocardiográfica continua. Previamente se analizaron los dispositivos, se desactivaron todas las formas de terapia y se borraron los contadores. El protocolo se diseñó para evaluar la posibilidad de reconocimiento de episodios inexistentes y de inhibición o disparo del MP. Para ello, los desfibriladores se programaron a los parámetros más sensibles permitidos, para facilitar al máximo la posibilidad de sobredetección. Esto se consiguió en los modelos de CPI con la programación de una zona de detección a más de 100 lat/min, durante al menos 1 s (excepto los Ventak P2, que tenían zona de monitorización a más de 110 lat/min durante 2,5 s). Para los modelos Medtronic se programaron criterios similares.

Los teléfonos se situaron de forma que el cuerpo (y la base de la antena), y después la punta de la antena, estuvieran en contacto próximo con el DAI y, a continuación, con la parte distal del electrodo sobre el precordio (**fig. 1**). Se analizaron tres situaciones en secuencia: *a*) ejecución de llamada («modo llamada»); *b*) contacto establecido y mantenido durante al menos 15 s («modo escucha»), y *c*) recepción de llamada («modo recepción»). Después de cada secuencia se analizó el DAI y se analizó el contador de episodios. Todo episodio registrado que no se correspondiera con episodios reales en la monitorización electrocardiográfica se consideró como detección de ruido electro-

Fig. 1. Protocolo de estudio. Los teléfonos se situaron en contacto próximo con la carcasa del desfibrilador y con la punta del electrodo en dos ángulos distintos de la antena. Tres situaciones en secuencia se analizaron para cada posición. Se analizaba el DAI después de cada secuencia (para más detalles, véase el texto).



magnético. Las pruebas se repitieron tras programar el MP a una frecuencia superior a la basal y con los parámetros de máxima sensibilidad permitidos en cada caso para evaluar la posibilidad de inhibición por ruido electromagnético.

RESULTADOS

Detección de ruido electromagnético

Se realizaron 360 pruebas para cada modelo de teléfono Siemens S3 COM y Motorola 6200. Se hizo el mismo grupo de pruebas con el modelo Ericsson GA 318 en un paciente. En ningún caso se demostró la detección de ruido electromagnético con ninguno de los desfibriladores. En un paciente, portador de un CPI Ventak PRx III, se observaron episodios de taquicardia ventricular monomorfa no sostenida con buena tolerancia hemodinámica durante las pruebas realizadas con los aparatos Siemens S3 COM y Motorola 6200. Todos los episodios fueron perfectamente detectados y registrados por el dispositivo.

Marcapasos

Se observó el mismo protocolo con el MP programado a una frecuencia mínima superior a la basal. En general, esto se consiguió con frecuencias de 90 o 100 lat/min. En un paciente se observó inhibición transitoria del MP de menos de 1 s durante una recepción de llamada, pero el hallazgo no fue reproducible.

No se observaron cambios en la programación de los dispositivos después de las pruebas.

DISCUSIÓN

Desde un punto de vista teórico, un campo electromagnético puede afectar al funcionamiento de cualquier dispositivo electrónico. Con el uso creciente de los teléfonos móviles en nuestra sociedad cabe suponer que los pacientes portadores de MP y desfibrilado-

res pueden verse «amenazados» en su actividad diaria. De ahí el esfuerzo desarrollado por distintos grupos en los últimos años para aclarar las posibles consecuencias de esa interacción y establecer recomendaciones de uso general.

La probabilidad de que una interferencia electromagnética ocurra depende de factores relacionados al tipo de transmisión utilizada, la potencia empleada por el teléfono, la distancia entre la fuente de radiofrecuencia y el MP o DAI y la programación, estructura y algoritmos de «protección» de esos dispositivos. La zona de implantación y profundidad en los tejidos influye en la susceptibilidad del aparato¹⁹. En este sentido, la implantación subcutánea ofrece mayor riesgo que la implantación subpectoral.

Existen dos sistemas de transmisión por telefonía móvil: el analógico, que utiliza ondas continuas de amplitud y frecuencia variable, y el digital, en el que las señales se transmiten a través de ráfagas rápidas de pulsos. Los teléfonos analógicos, por sus características, se consideran más seguros^{3,4,10}, aunque se ha demostrado la interferencia electromagnética con los MP^{9,10,13}. En un estudio que agrupó a 50 portadores de DAI evaluados frente a posible interacción con teléfonos analógicos no se observaron casos de disfunción de los dispositivos, aunque sí alteraciones en la telemetría²⁰.

Los sistemas digitales comercializados en España utilizan tecnología GSM. En su mayoría, los teléfonos tienen una potencia máxima de 2 W y transmiten a una frecuencia de pulso de 217 Hz. Es interesante resaltar que los GSM disponen de un mecanismo de ahorro de batería (modo de transmisión discontinuo o DTX) que utiliza 2-8 Hz de frecuencia si el operador está en silencio. Esta forma de transmisión puede simular impulsos cardíacos más fácilmente¹⁹.

El campo electromagnético generado por un teléfono móvil en funcionamiento puede tener repercusiones sobre la actividad de un DAI. Las formas posibles de interacción podrían ser la detección de ruido electromagnético con consecuentes terapias inapropiadas,

el fallo o retraso en la detección de arritmias ventriculares, las alteraciones en la función de MP del dispositivo y en la telemetría de tiempo real y los cambios temporales o permanentes en la programación. En la actualidad existen datos limitados sobre el riesgo y frecuencia de disfunción de desfibriladores causados por los teléfonos digitales. Bassen et al²¹ describieron descargas de un DAI en contacto con teléfonos digitales en un estudio in vitro. Stanton et al²² realizaron pruebas en 25 pacientes, con distintos tipos de teléfonos móviles, analógicos y digitales, ninguno con tecnología GSM. No observaron ningún caso de interferencia.

El presente estudio está dirigido a buscar detección de ruido electromagnético durante distintas fases de funcionamiento de teléfonos móviles digitales. Ese ruido podría ser interpretado como arritmia ventricular maligna y llevar a terapias inapropiadas. Asimismo, se investigó la posibilidad de disfunción del modo de estimulación permanente. Dos modelos de teléfonos celulares, con potencia máxima disponible similar, y con distintas morfologías de antena, fueron utilizados. En un paciente se probó, además, un modelo distinto a petición suya. Los teléfonos fueron dispuestos en zonas lo más cercanas posibles y en dos ángulos distintos a la carcasa del desfibrilador y al extremo distal del electrodo. La mayoría de los DAI probados utilizaban electrodos endocárdicos, aunque también se incluyó a 4 pacientes con sistemas epicárdicos. En el 47% de los pacientes los desfibriladores estaban implantados a nivel pectoral, por debajo de la fascia del músculo pectoral mayor y en los restantes en la pared abdominal.

La sensibilidad de los DAI fue programada para que simulara la «peor de las situaciones», poco probables en la práctica clínica. De esa forma, se computarían episodios con frecuencia superior a 100 lat/min y se administraría, de estar programada, alguna terapia. A pesar de ello no se observó ningún caso de detección de falsas arritmias. Del mismo modo, al programar el MP a frecuencias superiores a la basal, no se observó inhibición. Los hallazgos sugieren que probablemente la inducción de descargas inadecuadas o alteración de la capacidad de estimulación de los desfibriladores no debe ser frecuente en la práctica clínica.

Debe tenerse en cuenta que la susceptibilidad a interferencia electromagnética puede ser diferente entre los varios modelos de DAI disponibles. Por lo tanto, las conclusiones obtenidas en este estudio sólo son aplicables a los dispositivos incluidos en el protocolo. La incorporación a la práctica clínica de desfibriladores con capacidad de estimulación y detección bicausal añade interrogantes a la cuestión de la compatibilidad electromagnética, que deberán ser evaluadas en el futuro.

Una complicación teórica de la interferencia electromagnética generada por teléfonos móviles es el re-

traso en la detección o la no detección de arritmias ventriculares. Un paciente, portador de una cardiopatía isquémica con disfunción sistólica severa, presentó múltiples episodios de taquicardia ventricular monomorfa durante las pruebas. Todos los episodios fueron detectados por el DAI.

Se deben señalar algunas limitaciones de nuestro estudio. No se midió la potencia usada por los teléfonos durante las pruebas. Como el estudio se realizó en el interior de un hospital de Madrid, es posible que la distancia entre los aparatos y la central de telefonía no implique el uso de la máxima potencia disponible. Por tanto, es razonable limitar los resultados del estudio al ámbito de un centro urbano de características similares. La correcta detección de arritmias ventriculares durante el uso de teléfonos móviles sólo se comprobó en un paciente, por lo tanto, las conclusiones se limitan al modelo en cuestión. En el estudio no se evaluó la situación con el paciente al habla. Sin embargo, se intentó simular las circunstancias de mayor riesgo posible, como el contacto próximo entre teléfono y DAI, teléfono a la escucha, con activación del mecanismo DTX y programación del DAI a los máximos parámetros de sensibilidad. No parece probable que el manejo de los aparatos por el propio paciente, a mayor distancia, pudiera inducir interferencias.

CONCLUSIONES

El presente estudio sugiere que la disfunción de los desfibriladores implantables secundaria a interferencia electromagnética inducida por teléfonos GSM es poco probable en la práctica clínica. Esas conclusiones son aplicables únicamente a los modelos estudiados y a circunstancias similares a las del protocolo utilizado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ehlers C, Andersen D, Brüggemann, Thormann L, Wehner H. Functional pacemaker interference by mobile telephones [resumen]. *Circulation* 1995; 92 (Supl): 738.
2. Meisel E, Kopscek H, Klinghammer L, Daniel WG. Interference of mobile phones with function of implanted pacemakers - How significant is the risk? [resumen]. *Circulation* 1995; 92 (Supl): 738.
3. Hayes DL, VonFeldt L, Neubauer S, Rasmussen MJ, Christiansen JR. Does cellular phone technology cause pacemaker or defibrillator interference? [resumen]. *PACE* 1995; 18: 842.
4. Carrillo R, Saunkeah B, Pickels M, Traad E, Wyatt C, Williams D. Preliminary observations on cellular telephones and pacemakers [resumen]. *PACE* 1995; 18: 863.
5. Hayes DL, VonFeldt L, Neubauer S, Christiansen J, Rasmussen MJ. Effect of digital cellular phones on permanent pacemakers [resumen]. *PACE* 1995; 18: 863.
6. Barbaro V, Bartolini P, Donato A, Militello C, Altamura G, Ammirati F et al. Do European GSM mobile cellular phones pose a potential risk to pacemaker patients? *PACE* 1995; 18: 1.218-1.224.
7. Naegeli B, Osswald S, Deola M, Burkart F. Intermittent pacema-

- ker dysfunction caused by digital mobile telephones. *J Am Coll Cardiol* 1996; 27: 1.471-1.477.
8. Hofgartner F, Muller T, Sigel H. Could C- and D-network mobile phones endanger patients with pacemakers? *Dtsch Med Wochenschr* 1996; 121: 646-652.
 9. Barbaro V, Bartolini P, Donato A, Militello C. Electromagnetic interference of analog cellular telephones with pacemakers. *PACE* 1996; 19: 1.410-1.418.
 10. Irnich W, Batz L, Muller R, Tobisch R. Electromagnetic interference of pacemakers by mobile phones. *PACE* 1996; 19: 1.431-1.446.
 11. Wilke A, Grimm W, Funck R, Maisch B. Influence of D-net (European GSM-Standard) cellular phones on pacemaker function in 50 patients with permanent pacemakers. *PACE* 1996; 19: 1.456-1.458.
 12. Chen WH, Lau CP, Leung SK, Ho DS, Lee IS. Interference of cellular phones with implanted permanent pacemakers. *Clin Cardiol* 1996; 19: 881-886.
 13. Hayes DL, Wang PJ, Reynolds DW, Estes III NA, Griffith JL, Steffens RA et al. Interference with cardiac pacemakers by cellular telephones. *N Engl J Med* 1997; 336: 1.473-1.479.
 14. Hayes DL. Wireless phones and pacemaker interaction. *PACE* 1996; 19: 1.405-1.406.
 15. Hayes DL, Carrillo RG, Findlay GK, Embrey M. State of the science: pacemaker and defibrillator interference from wireless communication devices. *PACE* 1996; 19: 1.419-1.430.
 16. Schmitt C, Brachmann J, Waldecker B, Navarrete L, Beyer T, Pfeifer A et al. Implantable cardioverter defibrillator: possible hazards of electromagnetic interference. *PACE* 1991; 14: 982-984.
 17. Man KC, Davidson T, Langberg JJ, Morady F, Kalbfleisch SJ. Interference from a hand-held radiofrequency remote control causing discharge of an implantable defibrillator. *PACE* 1993; 16: 1.756-1.758.
 18. Seifert T, Block M, Borggreffe M, Breithardt G. Erroneous discharge of an implantable cardioverter defibrillator caused by an electric razor. *PACE* 1995; 18: 1.592-1.594.
 19. Irnich W. Mobile telephones and pacemakers. *PACE* 1996; 19: 1.407-1.409.
 20. Madrid AH, Catalán P, Sánchez A, García E, Jiménez A, Castelo V et al. Interferencias entre los desfibriladores automáticos y los teléfonos móviles. *Rev Esp Cardiol* 1996; 49 (Supl 3): 49.
 21. Bassen HI, Moore HJ, Ruggera PS. Cellular phone interference testing of implantable cardioverter defibrillators, In-Vitro [resumen]. *Circulation* 1995; 92 (Supl): 738.
 22. Stanton MS, Grice S, Trusky J, Hayes DL. Safety of various cellular phone technologies with implantable cardioverter defibrillators [resumen]. *PACE* 1996; 19: 583.