

ARTÍCULO DE REVISIÓN  
Vol. 41. No. 4 Octubre-Diciembre 2018  
pp 268-272

## Efecto de la estimulación de nervios periféricos sobre el funcionamiento de marcapasos cardíacos

Dra. Ludy Castro-González,\* Dr. Gabriel Enrique Mejía-Terrazas,\*\*  
Dra. María de los Ángeles Garduño-Juárez,\*\*\* Dra. Ana Angélica Peña-Riverón,\*\*\*  
Dra. Sandra Patricia Gaspar-Carrillo\*\*\*\*

\* Clínica Partenón Bogotá y Clínica Especializada de los Andes Tunja Colombia.  
\*\* Hospital Ángeles México.  
\*\*\* División de Anestesiología del Instituto Nacional de Rehabilitación.

### Solicitud de sobretiros:

Dr. Gabriel E. Mejía Terrazas  
Servicio de Anestesiología y Clínica del Dolor,  
Hospital Ángeles México.  
Agrarismo Núm. 208, Consultorio 555, Torre B,  
Col. Escandón, Del. Miguel Hidalgo,  
11800, Ciudad de México.  
Tel.: 43360868 y 43360869  
E-mail: gisiby@yahoo.com.mx

Recibido para publicación: 20-12-2017  
Aceptado para publicación: 30-05-2018

Este artículo puede ser consultado en versión completa en  
<http://www.medigraphic.com/rma>

### RESUMEN

**Introducción:** En la actualidad es cada vez mayor el número de pacientes con dispositivos cardíacos permanentes implantados que requieren manejo con anestesia regional guiada por neuroestimulación. No se ha documentado en la literatura si la utilización de esta técnica tiene efecto sobre el funcionamiento del marcapasos. **Material y métodos:** Revisión sistemática de enero de 1980 a diciembre de 2015, se incluyeron las bases de datos electrónicas: MEDLINE/PubMed, LILACS, EMBASE, ScienceDirect, Biomed Central, Tripdatabase, Cochrane Library Plus, DARE y Google, incluyó literatura gris. **Resultados:** La búsqueda arrojó 648 artículos potencialmente elegibles; al aplicar los criterios de selección se eliminaron 641, quedando un total de siete estudios donde se analizaron un total de 99 pacientes. **Conclusión:** El uso del estimulador de nervio periférico en pacientes con marcapasos cardíacos unipolares puede producir interferencia pero no malfuncionamiento del mismo; en marcapaso bipolares no se presenta interferencia ni se altera el funcionamiento del dispositivo. En estos casos se podrá realizar con seguridad un bloqueo de nervios periféricos guiado por neuroestimulación.

**Palabras clave:** Marcapasos cardíacos, neuroestimulación, anestesia regional, bloqueo de nervios periféricos.

### SUMMARY

**Introduction:** The number of patients with implanted permanent cardiac devices requiring management with regional anesthesia guided by neurostimulation is now increasing. It has not been documented in the literature whether the use of this technique has an effect on the functioning of the pacemaker. **Material and methods:** Systematic review from January 1980 to December 2015, electronic databases were included: MEDLINE/PubMed, LILACS, EMBASE, Science Direct, Biomed Central, Tripdatabase, Cochrane Library Plus, DARE and Google, included gray literature. **Results:** The search yielded 648 potentially eligible articles; 641 were eliminated, applying a total of seven studies where a total of 99 patients were analyzed. **Conclusion:** The use of the peripheral nerve stimulator in patients with unipolar cardiac pacemakers can cause interference but not malfunction of the pacemaker. In bipolar pacemakers there is no interference or alteration of the functioning of the device. Peripheral nerves guided by neurostimulation in these cases it can be done safely.

**Key words:** Pacemaker, neurostimulation, regional anesthesia, peripheral nerve block.

## INTRODUCCIÓN

La localización guiada por estimulación de los nervios periféricos es una técnica basada en las propiedades que tienen los nervios para iniciar un potencial de acción ante una despolarización local inducida por una corriente eléctrica<sup>(1)</sup>. Cuando producimos un pulso de corriente eléctrica, con la intensidad suficiente para generar un potencial de acción y por consiguiente la despolarización de la membrana nerviosa, se genera un estímulo que activa las unidades motoras eferentes, lo cual provoca una contracción muscular<sup>(2)</sup>. Esta estimulación se logra al establecer un circuito eléctrico entre los dos polos positivo y negativo del circuito<sup>(3)</sup>. Una membrana excitable se despolariza cuando la intensidad de la estimulación alcanza un umbral mínimo<sup>(4)</sup>. Por debajo de este umbral, ningún estímulo es propagado. Al alcanzar el umbral, se produce un cambio en la conductancia de los canales de Na-K voltaje dependiente y se desencadena un potencial de acción<sup>(4)</sup>. La aceptación del estimulador de nervio periférico en anestesia regional está basada en la capacidad de estimular únicamente componentes motores de nervios mixtos, evitando así la respuesta sensitiva que ocasionaría malestar al paciente. La selectividad de esta respuesta está dada por la duración del pulso; una corriente de corta duración (menor de 0.1 ms) estimula únicamente el componente motor de un nervio mixto, a diferencia de una corriente de larga duración (1 ms), que desencadena un estímulo sensitivo<sup>(5)</sup>. Las fibras motoras tienen un umbral de estimulación más bajo que las fibras sensoriales. La estimulación de baja frecuencia provoca respuestas musculares, mientras que las estimulaciones de alta frecuencia desencadenan dolor<sup>(1)</sup>. Los parámetros eléctricos para producir una respuesta motora son una frecuencia entre 1 y 2 Hz y duración de pulso de 0.1 milisegundos<sup>(3)</sup>. Al aumentar la duración del pulso, aumenta la carga de la corriente entregada a cualquier intensidad; por lo tanto, al reducir la duración, disminuye la dispersión de la corriente, haciéndose necesario que la aguja esté extremadamente cerca del nervio para poder obtener respuesta muscular y viceversa<sup>(2)</sup>. La polaridad del estímulo eléctrico durante la estimulación es importante, ya que la fibra nerviosa es más fácilmente estimulada por el electrodo negativo, o cátodo, estando unido a la aguja, lo que hace que la corriente negativa desde el cátodo reduzca la tensión en el exterior de la membrana, generando una despolarización que se extiende a través del nervio; esto a su vez permite la activación de los canales de sodio con más facilidad, iniciando así un potencial de acción. La corriente que fluye durante cada pulso sigue el camino de menor resistencia entre los electrodos. En un estimulador, la corriente se dirige del ánodo, formado por un electrodo situado en la piel, hacia el cátodo constituido por la aguja<sup>(6-17)</sup>.

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Justificación:** En la actualidad, es cada vez mayor el número de pacientes con dispositivos cardíacos permanentes implantados que requieren procedimientos quirúrgicos y manejo con anestesia regional, específicamente bloqueo de nervios periféricos guiado por neuroestimulación. Sin embargo, no se ha documentado en la literatura si la utilización de esta técnica tiene efecto sobre el funcionamiento del marcapasos debido a que podría actuar como una fuente de interferencia eléctrica.

**Pregunta de investigación:** ¿La corriente eléctrica que produce un neuroestimulador para guiar el bloqueo de nervios periféricos altera el funcionamiento de un marcapasos cardíaco?

**Objetivo general:** Determinar si el uso del estimulador de nervios periféricos para anestesia regional en pacientes con marcapasos cardíacos altera el funcionamiento de éste.

**Objetivos específicos:** Establecer si existe riesgo al utilizar estimulación eléctrica para bloqueos nerviosos periféricos en pacientes con marcapasos cardíacos.

Establecer si otros tipos de estimulación eléctrica relacionados con la utilizada para el bloqueo de nervios periféricos alteran el funcionamiento de los marcapasos cardíacos.

**Estrategias de búsqueda:** El período de la búsqueda comprendió de enero de 1980 a diciembre de 2015.

Se incluyeron las bases de datos electrónicas: MEDLINE/PubMed, LILACS, EMBASE, ScienceDirect, Biomed Central, Tripdatabase, Cochrane Library Plus, DARE y Google, se incluyó literatura gris.

**Términos de la búsqueda:** Se utilizaron las siguientes palabras clave en español e inglés, así como términos MESH: *pacemaker and peripheral nerve stimulator, pacemaker and regional anesthesia, pacemaker and peripheral nerve blockade, pacemaker and nerve stimulation, cardiac pacemaker and peripheral nerve stimulation, pacemaker and peripheral nerve stimulation, pacemaker and electromagnetic interference, pacemaker and electrical nerve stimulation*.

**Límites de la búsqueda:** Los estudios se seleccionaron debido a: 1. Estudios donde se reporta la estimulación eléctrica en pacientes con marcapasos o desfibriladores. 2. Que la localización nerviosa se realizó por neuroestimulación. 3. Estudios de estimulación nerviosa eléctrica con diferentes fines en pacientes con marcapasos cardíacos. 4. Cualquier tipo de cirugía. 5. Idioma español o inglés. 6. Estudios en humanos. 7. Pacientes de ambos sexos. 8. Pacientes de cualquier edad. 9. Con cualquier comorbilidad.

**Criterios de inclusión:** Artículos que en su título y/o resumen reportaran el uso de neurolocalización para realizar un bloqueo de nervios periféricos y que éste se realizará en pacientes con marcapasos cardíaco.

**Criterios de exclusión:** Artículos de revisión y editoriales.

**Evaluación de la calidad metodológica:** La evaluación de la calidad metodológica se realizó de la siguiente manera: cuando se evaluaba un reporte de casos, se utilizó la herramienta Strobe; cuando se trató de un ensayo clínico, se utilizó la herramienta Consort.

**Recopilación de datos:** La cadena de búsqueda fue realizada por dos autores, otros dos autores evaluaron la calidad metodológica de forma independiente; en caso de desacuerdo, los autores lo resolvieron mediante discusión y consenso, entre todos los autores se evaluaron los resultados.

## RESULTADOS

**Selección de estudios:** De acuerdo a los criterios establecidos en nuestra revisión, la búsqueda arrojó 648 artículos potencialmente elegibles; al aplicar los criterios de selección, se eliminaron 641, quedando un total de siete estudios, donde se analizaron un total de 99 pacientes, el flujo de artículos se presenta en la figura 1. Dentro de los artículos revisados, la mayoría son reportes de caso; esto probablemente debido a que sería difícil realizar estudios controlados; el diseño de estudio que se requeriría para poder contestar nuestra pregunta de investigación sería un estudio de casos y controles. Todos los artículos fueron evaluados con una herramienta para valorar calidad metodológica; en los reportes de caso, la herramienta Strobe; todos reportaron una adecuada puntuación, por lo que fueron incluidos. Al estudio cuasiexperimental se le aplicó la herramienta Strobe con una puntuación regular, pero se decidió ingresar por ser el único sobre el tema.

**Criterios para valoración de los resultados:** Debido a que la selección de estudios arrojó información limitada y heterogénea, la cual no es combinable para la realización de un análisis estadístico, ya que no es posible agruparlos para establecer un cálculo del efecto global, se utilizó un método cualitativo con el uso de niveles de evidencia propuesto por el Grupo Cochrane.

**Estudios evaluados:** Los estudios que finalmente fueron evaluados se resumen en el cuadro I y corresponden a las referencias 19 a 25.

## DISCUSIÓN

Con la información analizada se realizó un análisis cualitativo de los datos, que permitió responder a nuestra pregunta de investigación; dicho análisis nos revela las siguientes premisas:

1. Los marcapasos en configuración monopolar son más susceptibles a interferencias externas debido a la mayor distancia que hay entre sus electrodos, lo que puede

actuar como un efecto antena; en estos casos, existe un mayor riesgo de que puedan cesar la corriente eléctrica desencadenada por el estimulador de nervio periférico como una actividad intrínseca espontánea del corazón y suprimir o disparar una respuesta inapropiada con consecuencias perjudiciales para el paciente. La interferencia eléctrica puede producir estimulación asincrónica, fallo permanente en su función, reprogramación inapropiada o reseteo del *software* y daño del circuito interno. La interferencia producida por el dispositivo sobre el monitor de electrocardiografía puede ocasionar una falsa interpretación de un malfuncionamiento del marcapasos y un tratamiento inadecuado, por lo que se tiene que valorar esto detalladamente.

2. Las variables que influyen en los efectos de las interferencias eléctricas son: la intensidad del campo, la distancia entre la fuente de la interferencia y el marcapasos, la frecuencia y la forma de la onda de la señal, el tipo de sistema implantado (monopolar, bipolar, bicameral), la programación de la sensibilidad y el modo de demanda programado del dispositivo. Los marcapasos modernos son más resistentes a las interferencias externas, tienen un campo de seguridad y circuito incorporado para proteger contra algunas señales extrañas usando un filtro

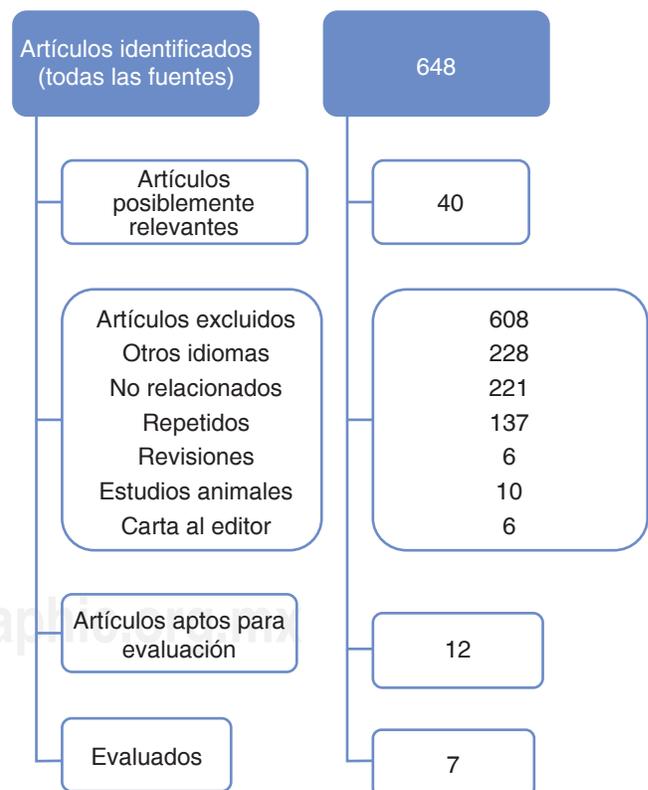


Figura 1. Flujograma de la información.

**Cuadro I.** Estudios elegidos, características y efectos de la estimulación sobre los marcapasos.

Autor	Pacientes	Bloqueo o estimulación	Estimulador	Electrodo	Frecuencia	Corriente	Tiempo del impulso	Interferencia ECG superficie	Interferencia ECG intracardiaco	Mal funcionamiento del marcapasos	Tipo de marcapasos
Mufuka 2008 <sup>(24)</sup>	14	Interescalénico	Stimuplex	Tórax derecho	2 Hz	2.0 mA a 0.5 mA	--	Sí	No	No	Unipolar y bipolar
Engelhardt 2007 <sup>(19)</sup>	1	Interescalénico	Stimuplex	Tórax izquierdo	2 Hz	3-1.4 mA y 1.16-0.76 mA	1.0 ms	Sí	--	Sí	Unipolar
Ducey 1991 <sup>(25)</sup>	1	--	Mini-stim	Tórax izquierdo	2 Hz	--	--	Sí	--	Sí	Unipolar
Cronin 2012 <sup>(18)</sup>	14	Mediano, axilar, espinal accesorio	--	Distal y proximal	2 Hz	--	0.1-1.0 ms	Sí	No	No	Unipolar y bipolar
Schoeck 2006 <sup>(21)</sup>	15	Mediano, peroneal	--	--	--	50-100 mA	0.1, 0.3, 0.5 ms	No	No	No	Bipolar
Derejko 2012 <sup>(22)</sup>	19	Cubital, mediano, sural, tibial, peroneal	Viking 4	--	2 Hz	100 mA	--	No	--	No	Bipolar
LaBan 1988 <sup>(20)</sup>	35	Mediano, cubital, tibial y peroneal	--	--	1-10 Hz	10-40 mA	0.2 ms	No	No	No	Bipolar y unipolar

que prohíbe la entrada de señales dentro del rango de la frecuencia cardíaca y pocas fuentes de interferencia pueden alterar su funcionamiento. Sin embargo, si el estímulo está fuera de este rango, el dispositivo puede sobrecensar la señal y potencialmente causar un mal funcionamiento.

- La distancia a la cual se localice la aguja estimulante con respecto al marcapasos es también importante, ya que en los estudios revisados se evidenció que, en los casos en los cuales el estímulo estaba más cerca del dispositivo cardíaco, se presentó interferencia con la actividad del mismo, a diferencia de los casos en los que el estímulo se realizó en sitios más distales utilizando los mismos parámetros (intensidad de la corriente, duración del pulso y frecuencia), en los cuales no se presentó ninguna interferencia eléctrica. Por esta razón, se sugiere verificar, previo al procedimiento, la localización exacta del marcapasos mediante una radiografía de tórax, ya que éste puede estar implantado en el tórax o en la pared abdominal y esto puede tener influencia para definir el sitio de entrada de la aguja y así minimizar el riesgo de interferencia.
- La ubicación del electrodo cutáneo también puede tener influencia en la interferencia eléctrica con el marcapasos; el estimulador nervioso genera una corriente en la punta de la aguja que retorna al electrodo de la piel del paciente, por lo que éste debe estar localizado cerca del electrodo estimulador en una parte que no atravesase el trayecto del generador del dispositivo y lo más lejos posible del marcapasos. Además, también se debe asegurar que esté en adecuado contacto con la piel y que el circuito se encuentre cerrado antes de iniciar la estimulación eléctrica.
- El tiempo del estímulo es otro factor determinante, ya que en la literatura revisada se observó que con estímulos de duración corta (menores de 0.5 ms) es menos probable que se ocasione una interferencia eléctrica con el marcapasos que con estímulos de duración más prolongada (mayor de 1.0 ms)<sup>(19,20)</sup>.
- La intensidad de la corriente utilizada para el estímulo eléctrico no parece alterar el funcionamiento del marcapasos, ya que en los estudios revisados se usaron corrientes de hasta 100 mA sin afectarse el funcionamiento del dispositivo cardíaco<sup>(18,21,22)</sup>.

El análisis cualitativo de los datos obtenidos nos permite emitir las siguientes recomendaciones: 1. Todos los pacientes deben contar con una valoración preoperatoria por Cardiología, para garantizar el adecuado funcionamiento del dispositivo, la estabilidad de la enfermedad cardíaca de base y tener contacto disponible fácilmente con el cardiólogo tratante. 2. Consentimiento informado por escrito donde se explica riesgo-beneficio del procedimiento a realizar. 3. Paciente con monitoreo estándar que incluya pulsoximetría,

presión arterial y electrocardiografía continua para poder detectar interferencias. 4. La aguja estimulante debe estar lo más lejos posible del marcapasos (por lo menos 15 cm de distancia del dispositivo<sup>(23)</sup>). 5. El electrodo cutáneo debe estar cerca del electrodo estimulador en una parte que no atraviese el trayecto del generador de pulso y lo más lejos posible del dispositivo. 6. El tiempo de duración del pulso debe ser corto (menor de 0.2 milisegundos). 7. El marcapasos debe ser bipolar para poder realizar este procedimiento con seguridad.

## CONCLUSIONES

El uso del estimulador de nervio periférico en pacientes con marcapasos cardíacos unipolares puede producir interferencia, pero no malfuncionamiento del mismo; en marcapasos bipolares no se presenta interferencia ni se altera el funcionamiento del dispositivo. En estos casos, se podrá realizar con seguridad un bloqueo de nervios periféricos guiado por neuroestimulación; sin embargo, si se está en posibilidad de utilizar guía por ultrasonografía, sugerimos su utilización en este tipo de pacientes.

## REFERENCIAS

1. Zaragoza-Lemus G, Mejía-Terrazas G, Sánchez-Velasco B, González-Flores L, Peña-Riveron A, Unzueta-Navarro D, López-Ruiz V. Neuroestimulación y bloqueo de nervios periféricos en anestesia regional. *Rev Mex Anest.* 2008;2:116-132.
2. De la Cuadra J, Oliveros A. Neurolocalización. *Rev Chil Anestesia.* 2007;36:59-70.
3. Bollini C, Cacheiro F. Peripheral nerve stimulation. *Techniques in Regional Anesthesia and Pain Management.* 2006;10:79-88.
4. De Andrés J, Sala-Blanch X. Peripheral nerve stimulation in the practice of brachial plexus anesthesia: a review. *Reg Anesth Pain Med.* 2001;26:478-483.
5. Hadzic A, Vluka JD, Claudio RE, Hadzic N, Thys DM, Santos AC. Electrical nerve localization: effects of cutaneous electrode placement and duration of the stimulus on motor response. *Anesthesiology.* 2004;100:1526-1530.
6. Jones LK Jr. Nerve conduction studies: basic concepts and patterns of abnormalities. *Neurol Clin.* 2012;30:405-427.
7. Sluka K, Walsh D. Transcutaneous electrical nerve stimulation: basic science mechanisms and clinical effectiveness. *J Pain.* 2003;4:109-121.
8. Walsh KM, Machado AG, Krishnaney AA. Spinal cord stimulation: a review of the safety literature and proposal for perioperative evaluation and management. *Spine J.* 2015;15:1864-1869.
9. Ghair B, Makkar J. Neuromuscular monitoring: a review. *J Anaesth Clin Pharmacol.* 2006;22:347-356.
10. Palacios M. Estimulación cardíaca. En: Rodríguez MM, Alsina RX, Asociación Española de Enfermería en Cardiología. Grupo de Trabajo de Enfermería en Electrofisiología y Estimulación Cardíaca. Manual de enfermería en estimulación cardíaca y dispositivos implantables. [Madrid]: Asociación Española de Enfermería en Cardiología, 2010, p. 302.
11. Rodríguez GJ, Lorente CD, Ruiz GR, Bosch NE. Conceptos técnicos fundamentales de la estimulación cardíaca. *Rev Esp Cardiol Supl.* 2007;7:4G-19G.
12. Salukhe TV, Dob D, Sutton R. Pacemakers and desbrillators: anaesthetic implications. *British Journal of Anaesthesia.* 2004;93:95-104.
13. Pollak WM, Simmons JD, Interian A Jr., Castellanos A, Myerburg RJ, Mitrani RD. Pacemaker diagnostics: a critical appraisal of current technology. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2003;6:76-98.
14. Rapsang A, Bhattacharyya P. Marcapasos y desfibriladores automáticos implantables. Consideraciones generales y anestésicas. *Rev Bras Anestesiología.* 2014;64:205-214.
15. Manickam BP, Brull R. Implications of a permanent cardiac pacemaker in peripheral nerve blockade. *Reg Anesth Pain Med.* 2009;34:233-235.
16. Rodríguez RO, Montiel JJ, Roldán TP, Baldaji RA, Molinero ME. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología en marcapasos. *Rev Esp Cardiol.* 2000;53:947-966.
17. Madigan JD, Choudhri AF, Chen J, Spotnitz HM, Oz MC, Edwards N. Surgical management of the patient with an implanted cardiac device. *Ann Surg.* 1999;230:639-647.
18. Cronin EM, Gray J, Abi-Saleh B, Wilkoff BL, Levin KH. Safety of repetitive nerve stimulation in patients with cardiac implantable electronic devices. *Muscle Nerve.* 2013;47:840-844.
19. Engelhardt L, Grobe J, Birnbaum J, Volk T. Inhibition of a pacemaker during nerve stimulation for regional anaesthesia. *Anaesthesia.* 2007;62:1071-1074.
20. LaBan MM, Petty D, Hauser AM, Taylor RS. Peripheral nerve conduction stimulation: its effect on cardiac pacemakers. *Arch Phys Med Rehabil.* 1988;69:358-362.
21. Schoeck AP, Mellion ML, Gilchrist JM, Christian FV. Safety of nerve conduction studies in patients with implanted cardiac devices. *Muscle Nerve.* 2007;35:521-524.
22. Derejko M, Derejko P, Przybylski A, Niewiadomska M, Antczak J, Banach M, et al. Safety of nerve conduction studies in patients with implantable cardioverter-defibrillators. *Clin Neurophysiol.* 2012;123:211-213.
23. Nora LM. American Association of Electrodiagnostic medicine guidelines in electrodiagnostic medicine: implanted cardioverters and defibrillators. AAEM Professional Practice Committee. *Muscle & Nerve.* 1996;19:1359-1360.
24. Mufuka GB, Flipse TR, Clendenen SR, Greengrass RA, Wang RD. Potential pacemaker interference from a peripheral nerve stimulator used for regional anesthesia. *Anesthesiology.* 2008;109:1103.
25. Ducey JP, Fincher CW, Baysinger CL. Therapeutic suppression of a permanent ventricular pacemaker using a peripheral nerve stimulator. *Anesthesiology.* 1991;75:533-536.