

## Variación crónica del Umbral de Estimulación en pacientes portadores de marcapasos cardiacos

Dr. Oswaldo Gutiérrez Sotelo

Cardiólogo-electrofisiólogo

Clínica de arritmias y marcapasos, Hospital México,

sede docente de la Escuela de Medicina, Universidad de Costa Rica

### Resumen

**Introducción:** El umbral crónico de estimulación (U) en pacientes (Pts) con marcapasos (MP) usualmente se determina haciendo mediciones semestrales o anuales. Sin embargo, puede haber variaciones en el U que podrían llevar a pérdida transitoria de captura. Este estudio evaluó el U mediante estimaciones múltiples automáticas llevadas a cabo por el MP con el objetivo de evaluar sus variaciones intraindividuales e interindividuales.

**Material y métodos:** Se incluyeron prospectivamente los Pts portadores de MP con capacidad de detección automática del U mediante la cual el dispositivo determina automáticamente el U cada 8 horas y promedia los valores encontrados cada 2 días. Una vez concluido el período de seguimiento, se calcularon las diferencias entre U máx y U mín, y entre el U máx promedio y el U mín promedio y la pendiente de la curva de U individual, datos que reflejan la variación del U intraindividual y el U promedio x 2, el U promedio x 2 – U máx y el 2,5 V – U máx, que comparan los hallazgos obtenidos con la práctica usual de duplicar el valor obtenido o programar la salida en 2,5 V.

**Resultados:** Se obtuvieron 1569 valores U promedio, máximos y mínimos en 11 Pts (21 - 92 años) en un período de seguimiento de 8-19 semanas. La diferencia entre el U máx y mín fue >1 V en 5 Pts, 1,6 en 2 y >3 en 3 Pts. En los otros 6 fue  $\leq 0,76$  V. Las diferencias entre U promedio máx y mín fueron similares. Las pendientes individuales variaron significativamente en 4 Pts y fue mínima en 7.

El U promedio x 2 fue > 2,5 en sólo 2 Pts (4,1 y 2,7). Los demás tuvieron U <1 V. El U promedio x 2 – U máx fue negativo en 4 Pts y el 2,5 – U máx fue negativo en otros 4, lo que indica que duplicar el U o programar 2,5 V no garantiza captura todo el tiempo.

**Conclusión:** Existen importantes variaciones intra e interindividuales en el U y puede no ser suficiente duplicar el valor umbral obtenido o establecer 2,5 V como margen de seguridad en algunos Pts.

### Abstract

**Introduction:** The chronic threshold (CT) in patients (Ps) with cardiac pacemakers (PM), is usually measured every 6 to 12 months. Nevertheless CT could have variations that imply clinical consequences related to "loss of capture". This study evaluated CT by mean of automatic measurements performed by the PM software. The main objective was to assess intra and interindividual variations of CT.

**Materials and methods:** We prospectively included Ps with implanted PM with an automatic capture detection algorithm available in the device. It automatically measures CT every 8 hours and averages those values every 2 days. After the follow-up period, we calculated the difference between max CT and min CT, between mean max CT and mean min CT and the individual U slope, reflecting intraindividual variations, and the mean CT x 2, the mean CTx2 – CT max and 2,5 V – CT max that compares our results with routine programming double CT or 2,5 V as output.

**Results:** We collected 1569 mean CT measurements, max CT and min CT values in 11 Ps (21 – 92 y/o) during a 8-19 weeks follow-up period. The difference between max CT and min CT was >1 V in 5 Ps, 1,6 in 2 and >3 in 3 Ps. In the other 6 it was  $\leq 0,76$  V. The differences between mean max CT and mean min CT were similar. Individual CT slope curves had minimal variations in 7 Ps and exhibited significant variations in 4.

Mean CT x 2 was > 2,5 in only 2 Ps (4,1 and 2,7). The other 9 had CT <1 V. Mean CT x 2 – max CT was negative in 4 Ps and 2,5 – max CT was negative in the other 4, indicating that programming double CT or 2,5 V as output is not so safe all the time.

**Conclusion:** There are important intra and interindividual differences in CT and doubling the threshold or to program the output at 2,5 V as a safety margin may not be enough.

No hay ningún conflicto de interés que declarar

## INTRODUCCIÓN

En pacientes (Pts) portadores de marcapasos (MP) cardíacos, es muy importante asegurar que los estímulos eléctricos enviados por el dispositivo produzcan contracciones cardíacas, de manera que el paciente en ningún momento presente bradicardia, que es de hecho, la indicación del implante<sup>1</sup>.

Este objetivo se logra a través de la estimación del umbral de captura (U). El U se define como el mínimo potencial eléctrico, cuya unidad es el voltio (V), capaz de producir una despolarización y por ende una contracción o "captura" miocárdica<sup>2</sup>.

El U usualmente se valora mediante estimaciones semestrales o anuales, debiendo el paciente acudir a la consulta externa del hospital para ello. Se comienza a estimular el miocardio con corrientes decrecientes, hasta que se llega al punto en que no se produce la despolarización (el complejo QRS en el electrocardiograma). Como regla general, el doble del valor U así obtenido será el potencial eléctrico que se programa como "margen de seguridad" para que el dispositivo emplee en cada estímulo, latido a latido. Aunque el valor obtenido fuera mucho menor de 1 V, se acostumbra programar a 2,5 V puesto que en la mayoría de los pacientes es un margen de seguridad adecuado<sup>3,4</sup>.

Sin embargo, el U de captura puede presentar variaciones marcadas que podrían tener consecuencias clínicas derivadas de la pérdida transitoria de captura<sup>2</sup>. Es decir, una sola estimación del umbral no refleja necesariamente el valor umbral que el paciente presentará en un período de tiempo. Se ha demostrado que por diversas razones tales como el nivel de inflamación después del procedimiento del implante y la fibrosis subsiguiente, el nivel de potasio sérico, la polarización del electrodo, el estado postcardioversión y otros factores, el umbral presenta importantes variaciones con respecto a un valor basal calculado<sup>2,3,5</sup>. Por lo tanto, la metodología tradicional de valorar el umbral en citas de control ambulatorio tiene muy bajo poder predictivo para asegurar la captura miocárdica todo el tiempo.

Debido a ello, las compañías que manufacturan MP cardíacos han ideado diversos programas de computadora que se incluyen en el *software* del dispositivo para hacer automáticamente valoraciones frecuentes del U y administrar un potencial eléctrico de estimulación según los resultados obtenidos para manejar márgenes de seguridad dinámicos, y se asegure que no habrá fallas de captura. Además de proporcionar seguridad, estos algoritmos también proporcionan longevidad. En los períodos en los que el umbral es menor de 1 V, si el valor programado permanente fuera 2,5 V, habría un drenaje de corriente innecesario y por ende disminución de la longevidad de la batería, hecho que se previene con el manejo automático del potencial de estimulación en forma dinámica<sup>6,7</sup>.

El objetivo de este estudio es conocer las variaciones que se presentan en el U en Pts portadores de MP cardíacos implantados en nuestro centro, es decir sus variaciones intraindividuales e interindividuales del U crónico, mediante el uso de la función "control automático del umbral" incluida en su marcapasos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante un período de 4 semanas, desde julio del 2005 a agosto del mismo año se eligieron prospectivamente todos los Pts con MP que tuvieran menos del 20% del tiempo ritmo sinusal propio (fuera este valorado subjetivamente o mediante histogramas de frecuencia cardíaca del mismo dispositivo), un mínimo de 2 meses de implantación del marcapaso, haber tenido un U de captura durante el implante menor o igual a 1 V, encontrarse asintomático en el momento de su inclusión, no tener evidencia de alguna complicación (quirúrgica u otra), que su MP tuviera disponible la función "control automático del umbral", y tener un potencial evocado de suficiente amplitud, para ser adecuadamente detectado. Todos los Pts debían firmar un consentimiento informado de participar en el estudio.

Una vez programada la función "control automático del umbral" se citó al paciente para la lectura de las mediciones después de un período de 16 semanas, en el que se estimó que se obtendrían unas 50 lecturas promedio. Para tal efecto, se programó una ventana de dos días en los que el dispositivo calculó el umbral cada 8 horas y promedió los 6 valores de umbral obtenidos pudiendo entonces por telemetría obtenerse este valor promedio así como sus máximos y mínimos luego del período de seguimiento. Además, se calcularon las siguientes variables:

- Diferencia entre umbral máximo y mínimo
- Diferencia entre el umbral promedio máximo y el umbral promedio mínimo
- Pendiente de la curva de umbrales individual
- Valor umbral promedio multiplicado por 2
- El doble del umbral promedio menos el valor umbral máximo
- 2,5 V menos el valor umbral máximo obtenido

Los 3 primeros cálculos reflejan la variación intraindividual (usualmente alrededor o menor de 1 V), de ahí el margen de seguridad tradicional de 2,5 V. Los 3 últimos comparan los hallazgos obtenidos con la práctica convencional de duplicar el valor obtenido o directamente programar el potencial crónico de estimulación en 2,5 V.

## RESULTADOS

Durante el periodo en estudio, se seleccionaron 11 Pts, 4 mujeres y 7 hombres, sus edades oscilaron de los 21 a los 92 años (promedio 61,25) y a todos se les implantó un MP Integrity, modelos 5346 o 5366 (Saint Jude Medical, Sylmar CA, USA) por una indicación convencional. Durante su primer control post-implante, se comprobó que los potenciales evocados fueran adecuados para programar la función de control automático del U "Autocapture®". Los Pts fueron seguidos durante un período de 8 a 19 semanas (promedio 14,3). Se recolectaron 1569 valores de U de captura promedio, sus máximos y mínimos (**cuadro 1**). Ninguno refirió síntomas atribuibles a disfunción del MP en ese momento.

La diferencia entre máximo y mínimo fue mayor de 1 en 5 Pts, alrededor de 1,6 en 2 de ellos y mayor de 3 voltios en los otros 3. En los restantes 6 fue igual o menor de 0,76 V.

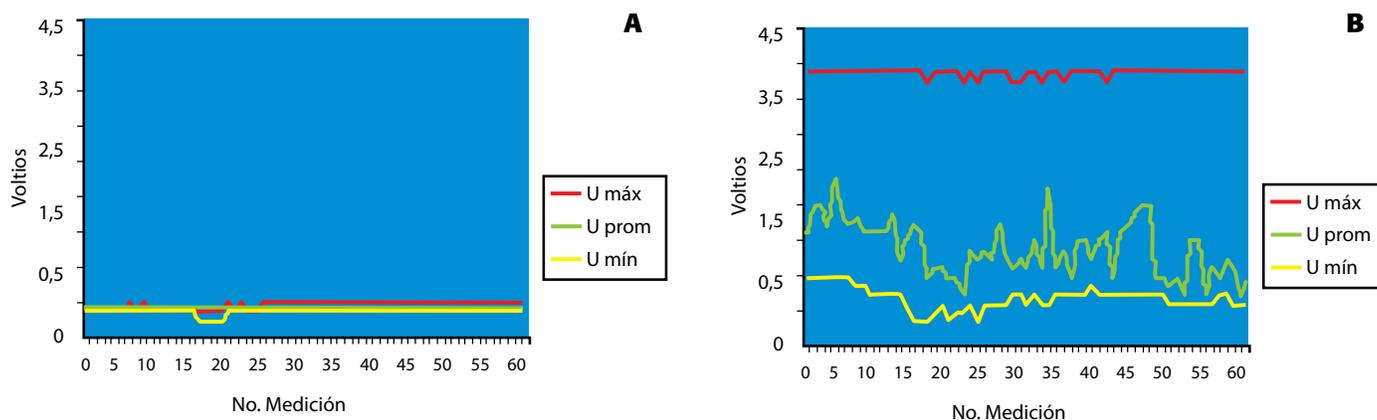
Las diferencias entre valores promedio mostraron una tendencia similar (ver el cuadro 1) aunque es de esperar que las diferencias sean menores que con los valores extremos.

Las pendientes individuales mostraron muy poca variación en 7 Pts pero en 4 aparecieron curvas con múltiples picos (**figura 1**).

**Cuadro 1**  
Pacientes incluidos en el estudio

No	Edad	Sexo	No. Med	U		PROM	Cálculos				
				M	m		1	2	4	5	6
				U M-m	U M-m (p)		U(p) x 2	U(p)x2- U M	2.5 V - U M		
1	21	F	156	3,125	1,5	2,06	1,625	0,93	4,11	0,98	-0,625
2	62	F	189	2,0	0,5	0,5	1,5	0,16	1,01	-0,98	0,5
3	66	M	189	0,5	0,375	0,36	0,275	0,09	0,73	0,23	2
4	79	M	81	0,5	0,375	0,37	0,125	0,11	0,75	0,25	2
5	64	M	156	0,625	0,375	0,49	0,25	0,06	0,98	0,35	1,875
6	54	M	156	3,25	0,175	0,30	3,075	1,02	0,61	-2,63	-0,75
7	60	F	114	1,0	0,75	0,76	0,25	0,11	1,53	0,53	1,5
8	92	M	189	3,875	0,5	0,46	3,75	2,68	0,93	-2,94	-1,375
9	78	F	57	0,625	0,375	0,48	0,25	0,08	0,96	0,33	1,875
10	75	M	93	0,5	0,375	0,47	0,125	0,02	0,95	0,45	2
11	84	M	189	3,875	0,375	1,39	3,5	3,15	2,79	-1,07	-1,375
TOT			1569								

S: sexo; No. Med: número de mediciones; U: umbral; M: máximo; m: mínimo.



**Figura 1.** Arriba se muestra un paciente (No. 9) con muy poca variación en el umbral crónico a través del tiempo. Abajo, un paciente (No. 11) con amplias variaciones.

El "U promedio x 2" fue mayor de 2,5 en sólo dos individuos (4,1 y 2,7). En el primero hubo umbrales de alrededor de 1 V en el implante y es el único caso que tuvo un U mínimo mayor de 1, lo que indica que sus umbrales se elevaron discretamente después del implante y así permanecieron. Esta paciente (No. 1 en la tabla 1) si bien tiene umbrales mayores de 1 V, tiene una pendiente más o menos plana. En cambio el otro Pt (No. 11) sí tuvo amplias variaciones (curva con múltiples picos). Este

hallazgo indica que un valor "de seguridad" de 2,5 V es útil en la mayoría, pero no en todos los Pts.

El doble del U promedio menos el valor U máximo evalúa el margen de seguridad de la práctica habitual de duplicar el valor umbral obtenido en una consulta ambulatoria. Al efectuar la resta, utilizando el U máximo obtenido con el método automático, se obtuvo en 4 casos un valor negativo, lo que indica

que, de haberse programado el voltaje de salida de la manera convencional en esos Pts, el U hubiera excedido ese valor con la consiguiente pérdida de captura.

El otro método tradicional, es directamente programar en 2,5 V el potencial de estimulación crónico del marcapasos. Restando a 2,5 V el máximo valor de U obtenido durante el seguimiento, de igual forma hubo 4 Pts (pero no los mismos del parámetro anterior) que presentaron valores negativos, lo que refleja que en algunos momentos estos Pts excedieron ese valor, por lo que potencialmente podrían haber desarrollado falla de captura si se hubieran programado de la manera convencional.

## DISCUSIÓN

El control automático del umbral, función incluida en el programa de computadora del marcapasos, mide automáticamente el umbral cada 8 horas. Para tal efecto comienza a estimular a un voltaje por encima del último valor de umbral calculado previamente. Latido a latido el dispositivo tiene un sistema de detección en busca del potencial evocado, o sea, la señal intracardiaca de despolarización miocárdica que aparece inmediatamente después de enviado el estímulo eléctrico (**figura 2**). En el momento que no se detecte el potencial evocado, el marcapasos interpreta que no hubo despolarización o captura, es decir, ese fue un estímulo subumbral y anota el valor precedente como el mínimo valor capaz de despolarizar el músculo. Se agrega entonces un voltaje adicional a este valor como margen de seguridad para estimular entonces durante las siguientes 8 horas y así sucesivamente.

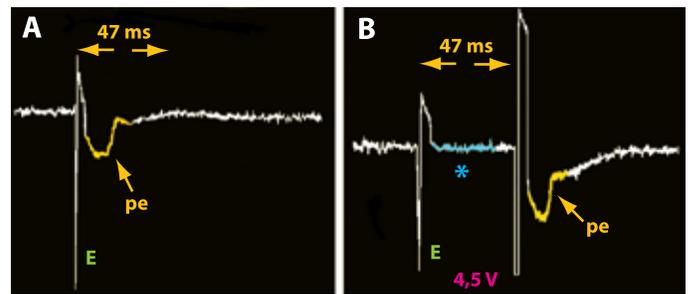
En todo latido que no se detecte potencial evocado se envía un estímulo de respaldo a 4,5 V como medida de seguridad y vuelve a calcular el umbral. Estudios previos han demostrado que este método es eficaz y seguro<sup>6,7</sup>.

El hallazgo más destacado de este estudio es que las variaciones del Umbral crónico de estimulación pueden ser amplias en algunos Pts, a diferencia de otros estudios. Kindermann *et al*<sup>8</sup> reportaron que la variación del U de captura crónico con respecto al del implante (comparación intraindividual) varía en un 14-55%, pero con un método de seguimiento tradicional con consultas a la clínica de MPs y con registro Holter. De acuerdo con este hallazgo, los autores concluyeron que era seguro duplicar el valor umbral así obtenido (o triplicarlo si el paciente era dependiente), con buen margen de seguridad.

Schuchert *et al*<sup>9</sup> reportaron un 1% de Pts con incremento crónico del U con respecto al del implante, concluyendo que voltajes de 2,5 V son seguros en el 99% de los Pts, aunque también utilizaron la metodología convencional. Incluso se han propuesto voltajes tan bajos como de 1 V para ser utilizados crónicamente<sup>9</sup>.

En el estudio de valoración de ahorro de batería de Riveiro<sup>10</sup> *et al*, secundariamente se encontró que en sólo 5 de 66 Pts hubo variaciones del U mayores de 1 V.

Sin embargo, el mismo grupo de Schuchert *et al*<sup>10</sup> estudió 12 Pts seguidos por 6 semanas, en los que se duplicaron los valores umbrales obtenidos, programándose voltajes fijos de



**Figura 2.** Señales intracavitarias en la detección de captura miocárdica. En A se muestra el estímulo (E) que al producir una despolarización, es detectada como un potencial evocado (pe). En cambio en B, luego del estímulo no hay potencial evocado sino una línea isoelectrica (\*). Entonces el marcapasos envía un estímulo de respaldo (4,5 V) luego de una espera de 47 ms, generando ahora sí un potencial evocado.

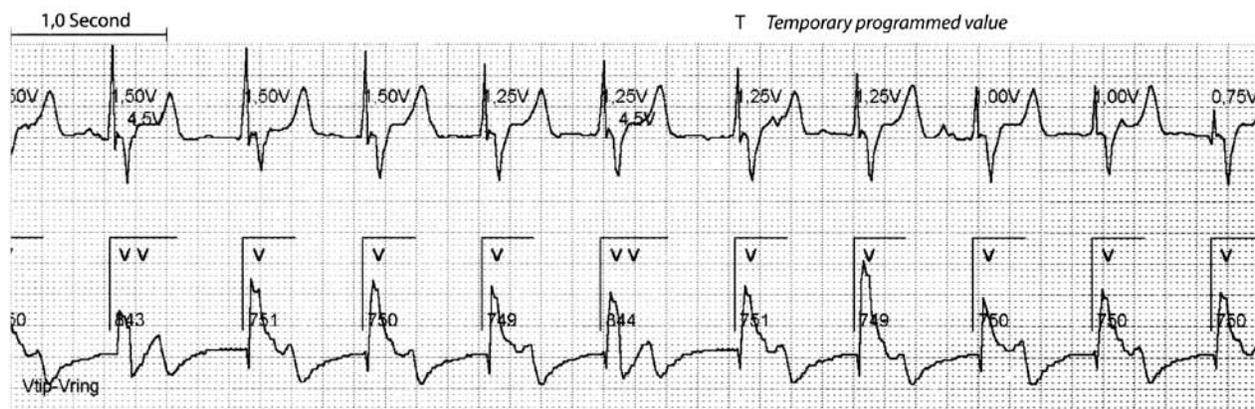
salida en 1.0 V, 1.5 V, y 2.5 V. Mediante el seguimiento a través del control automático de captura, encontraron que pese a haber duplicado el valor U obtenido, mientras más bajo es el voltaje de salida (fijo) hay mucho mayor prevalencia de estímulos de respaldo (4,5 V) lo que demuestra que hay incrementos intermitentes del U que podrían influenciar la seguridad del sistema.

En el presente estudio también se encontró que existen importantes variaciones en el U crónico intraindividualmente, y que, utilizando estos programas automáticos de valoración del U, se pueden detectar y prevenir fallas de captura, aunque por supuesto, esta metodología también tiene algunas limitaciones<sup>12</sup>. Estas incluyen el requerimiento de electrodos bipolares de baja polarización y la estimulación uniplolar en el ventrículo derecho. Los latidos de fusión pueden generar subdetección del potencial evocado lo que induce al envío innecesario de estímulos de respaldo, situación que es más probable en MPs de doble cámara en presencia de conducción atrioventricular normal<sup>12</sup>. En la **figura 3** se muestra un paciente con un MP unicameral en el que, aunque se demuestra adecuada captura, el dispositivo no detecta el potencial evocado, generando una gráfica con variaciones amplias, pero no reales del U.

En conclusión, este estudio indica que existen importantes variaciones intra e interindividuales en el U crónico de captura en algunos Pts y que puede no ser suficiente duplicar el valor umbral o establecer 2,5 V como margen de seguridad. Sin embargo, también indica que puede haber sesgos en la información numérica y gráfica que aporta este método de medición, por lo que en cada caso debe hacerse una programación individual y un seguimiento cuidadoso, apoyados en esta valiosa información.

## LIMITACIONES

La mayor limitación de este estudio es el reducido número de Pts incluidos. La interferencia con el ritmo propio, ofrece dificultad para valorar los potenciales evocados por el dispositivo y aunque fue un criterio de exclusión, algunos períodos de ritmo propio podrían haber influenciado los resultados obtenidos. Idealmente deben incluirse Pts con total dependencia del MP para este tipo de valoraciones. También es



**Figura 3.** Falta de detección del potencial evocado. El canal superior es la derivación periférica D II, el inferior el electrograma intracavitario ventricular. Durante la prueba de umbrales en la que se estimula a voltajes decrecientes (valores numéricos en D II), se observan dos latidos (primero y quinto) en los que no es detectado el potencial evocado, evidenciado por el envío del impulso de respaldo ("4,5 V") señalizado como "VV" en el canal endocavitario.

una importante limitación metodológica la subdetección del potencial evocado aún sin interferencia de ritmo propio, lo que genera información no real a la hora de valorar los resultados del estudio.

#### AGRADECIMIENTO

Se agradece a la Ing<sup>o</sup> Grace Vargas Vargas por su incondicional apoyo para la realización de este trabajo.

#### REFERENCIAS

1. Gregoratos G, Abrams J, Epstein AE *et al*: ACC/AHA/NASPE 2002 guideline update for implantation of cardiac pacemakers and antiarrhythmia devices. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (ACC/AHA/NASPE Committee to update the 1998 practice guidelines). *Circulation* 2002; 106: 2145-2161.
2. Kay GN. Basic concepts of pacing. In: Ellenbogen KA, Word MA. *Cardiac pacemakers and ICDs*. 3rd edition. Blackwell Science Inc 2002. Williston VT, USA. 48-72.
3. Kindermann M, Kusch O, Frohlig G, Markwirth T, Schwaab B, Schwerdt H. Safety and efficiency of pulse charge multiplication for chronic ventricular output programming. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2001; 24(4 Pt 1): 430-40.
4. Alonso C, Savoure A, Jauvert G, Casset C, Ranaivoson H, Cazeau S, Anselme F. Clinical testing of a new pacemaker function to monitor ventricular capture. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2005; 28 Suppl. 1: S39-42.
5. Kurisu S, Inoue I, Kawagoe T, Ishihara M, Shimatani Y, Mitsuba N, Hata T, Nakama Y, Kijima Y, Kisaka T. Documentation of acute increase in ventricular capture threshold after direct current cardioversion with AutoCapture threshold record. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2005; 28(9): 1009-10.
6. Clarke M, Liu B, Schuller H, Binner L, Kennergren C, Guerola M, Weinmann P, Ohm OJ. Automatic adjustment of pacemaker stimulation output correlated with continuously monitored capture thresholds: a multicenter study. *European Microny Study Group*. *Pacing Clin Electrophysiol*. 1998; 21(8): 1567-75.
7. Simeon L, Duru F, Fluri M, Jenzer HR, Rahn M, Candinas R. The impact of automatic threshold tracking on pulse generator longevity in patients with different chronic stimulation thresholds. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2000; 23(11 Pt 2): 1788-91.
8. Schuchert A, Meinertz T; Low Output Programming (LOP) Investigators A randomized study on the effects of pacemaker programming to a lower output on projected pulse generator longevity. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2001 Aug; 24(8 Pt 1): 1234-9.
9. Schwaab B, Schwerdt H, Heisel A, Frohlig G, Schieffer H. Chronic ventricular pacing using an output amplitude of 1.0 volt. *Pacing Clin Electrophysiol*. 1997; 20(9 Pt 1): 2171-8.
10. Ribeiro AL, Rincon LG, Oliveira BG, Vinha CR, Melatto D, Torres AA, Barros VC, Levine PA. Automatic adjustment of pacing output in the clinical setting. *Am Heart J*. 2004; 147(1): 127-31.
11. Schuchert A, Frese J, Stammwitz E, Novak M, Schleich A, Wagner SM, Meinertz T. Low settings of the ventricular pacing output in patients dependent on a pacemaker: are they really safe? *Am Heart J*. 2002; 143(6): 1009-11.
12. Duru F, Bauersfeld U, Schuller H, Candinas R. Threshold tracking pacing based on beat by beat evoked response detection: clinical benefits and potential problems. *J Interv Card Electrophysiol*. 2000; 4(3): 511-22.