

Artículos originales

Estimulación eléctrica torácica programada. Su aplicación en la evaluación de marcapasos implantados

ALBERTO GINIGER
IRMA RAMELLA
OSCAR OSEROFF
JORGE SUAREZ
ALBERTO LAPUENTE
RUBEN POSSE

Servicio de Cardiología,
Hospital Prof. Dr. Mariano R. Castex,
Buenos Aires.

Recibido para su publicación: 10/1983
Aceptado: 9/1984

La utilización de pulsos de corriente directa debidamente aplicados en la superficie corporal permite crear diversas modificaciones en los marcapasos por demanda (inhibidos o disparados). En este trabajo se presenta la utilización de un marcapaso programable para la evaluación del funcionamiento de los sistemas de estimulación y de sensado de diversos generadores. Se estudian 18 generadores, 17 aplicados por diversas razones al mismo número de pacientes y uno investigado en un banco de pruebas (in vitro). Se obtiene de este modo el período refractario manifiesto (PRM) por barrido mediante estímulos externos del intervalo interestímulo. Se observó que en 10 de los 18 MP el PRM coincidía con el informado por la casa fabricante, en cinco era mayor (aplicados entre 6 horas y 36 meses) y en tres menor. Se obtuvieron además los PRM luego de la introducción de un primer extraestímulo dentro del PRM o inmediatamente fuera de él, observándose significativas variaciones de los PRM respecto de los períodos obtenidos previamente. Estas variaciones eran mayores en el marcapaso estudiado in vitro, confirmando la necesidad de una temperatura adecuada para su correcto funcionamiento. Se demostró que en algunos casos el PRM depende de la intensidad de la energía aplicada para su inhibición. Finalmente fue posible aplicar estímulos de frecuencia intermedia (600 a 800 estímulos por minuto), evaluando el comportamiento frente al "ruido". Estas investigaciones abren un campo de estudio novedoso del funcionamiento del MP. Esta técnica pone en evidencia cambios en la duración del período refractario ante dos extraestímulos sucesivos con intervalos distintos, demostrando que para el MP un estímulo (eventualmente una extrasístole) no provoca la misma respuesta que dos.

Desde hace más de una década la utilización de pulsos de corriente directa debidamente aplicados a la superficie corporal ha permitido crear diversas modificaciones en el funcionamiento de los marcapasos, por inhibición en los de tipo ventrículo-inhibidos, y por excitación en los ventrículo-disparados, cuyo análisis cuidadoso permite su evaluación, alertando respecto de su inadecuado funcionamiento. Este procedimiento¹ ha permitido estudiar la sensibilidad del sistema sensor o de monitoreo interno, la duración de los períodos refractarios absolutos y relativos, el grado de histéresis y los tiempos de escape espontáneo y automático.² Además, esta técnica ha permitido conocer el tiempo de escape y características del ritmo

propio y la evolución natural de determinadas enfermedades del sistema de conducción intracardíaca en pacientes con marcapasos implantados.³

En los últimos años se han entrelazado la metodología y los hallazgos de los estudios electrofisiológicos con las aplicaciones terapéuticas y las diversas características de estimulación de los distintos marcapasos implantados. En este trabajo se presenta la utilización de un método de investigación electrofisiológico, clínico y experimental, como es la estimulación eléctrica programada aplicada a la evaluación del funcionamiento de los estimuladores implantados. Se trata de un modelo que enfrenta al marcapaso con estímulos ubicados en forma programada, determinando una reacción tal como si simulara tratarse de una extrasistolia o arritmias cardíacas variadas.

MATERIAL Y METODO

Se estudiaron 17 pacientes con marcapasos implantados, 15 con catéteres endocavitarios y dos con catéteres epicárdicos, y un generador explantado, analizado *in vitro* en un banco de análisis. Los pacientes eran portadores de diversos trastornos de la conducción y/o el automatismo, de variada etiología. Los generadores analizados pertenecían a diversas marcas y modelos, tal como se detalla en la Tabla 1.

Se utilizó para la experiencia un marcapasos programable Medtronic 5325, cuyo estímulo tiene una duración de 1,7 mseg. Se ubicaron los estímulos torácicos externos de acuerdo con una metodología previamente comunicada,^{4,5} buscando el mejor lugar en que una sucesión rápida de estímulos pudiera inhibir el funcionamiento del marcapaso implantado o estudiado *in vitro*. Todos los estímulos externos se realizaron en

Tabla 1

Caso	Marca	Batería	Tiempo de implante	Período refractario		PRM
				Estimulación	Inhibición	
1	Medtronic 5989	L	2 años	325 ± 55	—	353
2	Sorin 221	L	4,5 años	270 ± 40	300 ± 40	291
3	CPI 503	L	4 años	330 ± 20	330 ± 20	311
4	Sorin 222	L	in vitro	325 ± 30	350 ± 60	359
5	CPI 505	L	7 meses	320 ± 10	256 ± 10	316
6	Pacesetter 201	L	1 año	315 ± 20	—	256
7	CPI 505	L	1 año	320 ± 10	256 ± 10	317
8	Sorin 222	L	3 años	325 ± 30	350 ± 60	450
9	Medtronic 5988	L	7 horas	325 ± 55	—	351
10	Sorin Lit 1	L	1 día	325 ± 30	350 ± 60	230
11	Sorin 222	L	13 días	325 ± 30	350 ± 60	470
12	Sorin 222	L	6 horas	325 ± 30	350 ± 60	428
13	Medtronic 5976	L	6 meses	325 ± 55	—	315
14	Medtronic 5944	ZM	3 años	323 ± 20	—	319,5
15	Sorin 222	L	29 meses	325 ± 30	350 ± 60	488,5
16	Pacesetter 201	L	1 día	315 ± 20	—	292
17	Vitatrón 42RT	ZM	35 meses	325	325	409
18	CPI 622	L	19 días	320 ± 10	256 ± 10	316

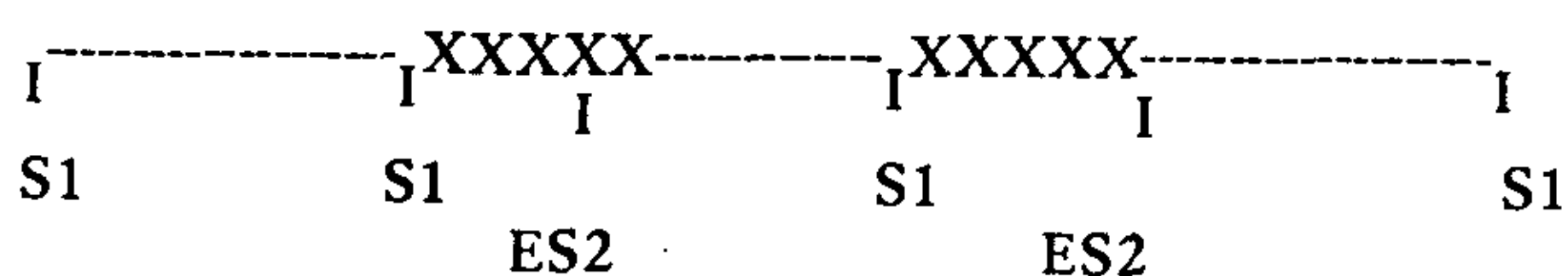
L=litio. ZM=zinc mercurio. Los períodos refractarios de estimulación y de inhibición son los informados por las casas fabricantes. En algunos casos no suministran los dos períodos refractarios o sólo lo hacen en los modelos más recientes. PRM=período refractario manifiesto obtenido mediante la metodología descrita en este trabajo.

forma bipolar.

El generador explantado, unipolar, estudiado *in vitro*, fue analizado ubicando un electrodo en la superficie del generador, y otro en el electrodo distal del catéter de estimulación. El registro se obtuvo a partir del catéter de estimulación del marcapaso (MP) en estudio (Sorin 222, de litio, explantado, de 28 meses de vida).

Todos los registros se realizaron mediante electrocardiógrafos con una capacidad de respuesta de acuerdo a las especificaciones de la AHA y a velocidades de inscripción de 25, 50 y 100 mm/seg, que permitieron la correcta medición de los tiempos.

1. Mediante la introducción de estímulos de intensidad adecuada (10 mAmp), progresivamente más cercanos al "latido de base" o estímulo del MP, se buscó el período refractario manifiesto (PRM) del generador. Este fue definido como aquel primer estímulo externo que, recorriendo el período interestímulo de derecha a izquierda, no es reconocido por el sistema sensor o de monitoreo del MP, de modo que se repite el intervalo de estimulación automático. Para ello fue necesario descartar todos aquellos estímulos que, por presentar una intensidad periumbral o ubicarse en la zona limítrofe del PRM, provocaban reciclajes parciales. También los que, al ser reconocidos por el generador, repetían el intervalo automático a partir del estímulo reconocido, con o sin histéresis de acuerdo con el modelo. En el siguiente esquema se grafica la forma de obtención del período refractario manifiesto del MP.

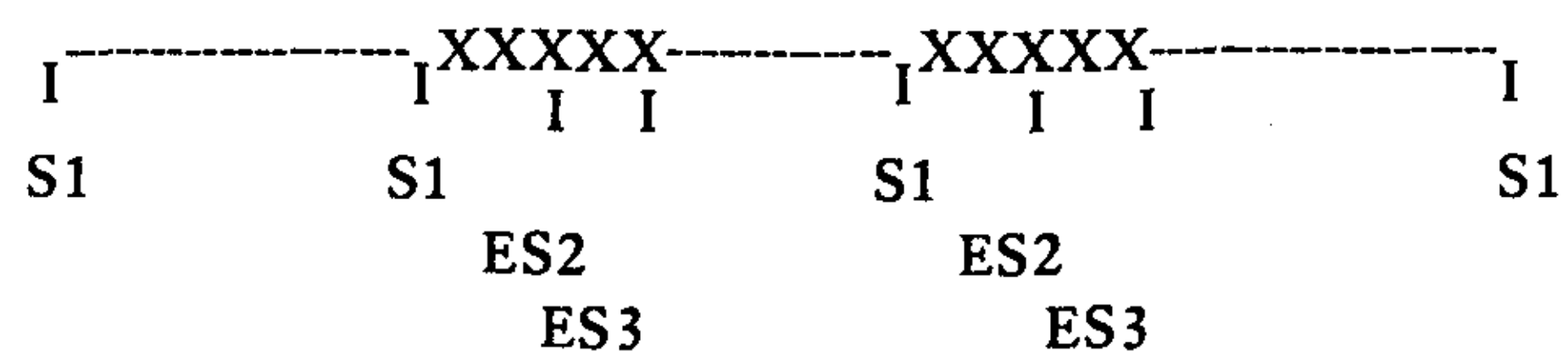


- S1-S1 Intervalo automático o de escape del MP implantado o en estudio.
 XXXXX Período refractario manifiesto (obtenido) del MP.
 ES2 Extraestímulo ubicado dentro o fuera del PRM.

2. Se investigó el comportamiento del PRM del MP de acuerdo con la cantidad de energía aplicada externamente por el programador, para determinar la inhibición del MP.

3. Se estudió el PRM del MP luego de intro-

ducir un extraestímulo *dentro* del PRM previamente hallado, ubicando otro extraestímulo que recorre el intervalo interestímulo (S1-S1) de derecha a izquierda hasta que a su vez no es reconocido por el MP, el que nuevamente desarrolla un intervalo automático. De modo que en este punto el MP no reconoce ni el primer extraestímulo (ES2), que está ubicado dentro del PRM, ni el segundo (ES3), que ya llegó al PRM. En el siguiente esquema se grafica el método de aplicación de dos extraestímulos.



- S1-S1 Intervalo automático de escape del MP implantado o en estudio.
 XXXXX Período refractario manifiesto (obtenido) del MP.
 ES2 Extraestímulo ubicado dentro del PRM (no reconocido por el MP).
 ES3 Extraestímulo ubicado dentro o fuera del PRM, lo que en este caso provoca reciclado del MP.

4. Se estudió el PRM de sensado del MP luego de un extraestímulo ubicado por *fuera* a distintas distancias, del PRM. De este modo el primer extraestímulo es reconocido por el MP desarrollando un correspondiente PRM, mientras que el segundo extraestímulo recorre el intervalo interestímulo de derecha a izquierda, hasta ingresar en el PRM. Una vez que ingresa el PRM, se desarrolla un intervalo interestímulo automático del MP a partir del primer extraestímulo, ya que éste fue el único reconocido por el MP.

5. Se evaluó el comportamiento del MP al estimular externamente con frecuencias medianas (entre 600 y 800 estímulos por minuto).

RESULTADOS

Al correlacionar los tiempos obtenidos a partir de la investigación realizada con el período refractario informado por la casa fabricante, se tuvo en cuenta el consumo de energía y la fecha de implantación del MP, lo que se describe en la Tabla 1.

1. Los PRM obtenidos mediante la metodología descrita en el punto 1 de "Material y método" demostraron que coincidían con lo informado por el fabricante en 10 de 18 MP. En 5 se observó que era mayor y en tres menor (Figs. 1 y 2).

2. En dos casos el PRM dependía de la intensidad del estímulo externo. En el caso 9, generador Medtronic implantado siete horas antes del estudio, se observó un progresivo incremento del PRM entre 3 mAmp (351 mseg) a 1 mAmp (358 mseg). En el caso 10 (Sorin Lit 222 implantado 24 horas antes del estudio), con 20 mAmp se detectó un PRM de 230 mseg, que se fue ampliando hasta 310 mseg con 5 mAmp en forma semilogarítmica. Estas variaciones no se repitieron en ninguno de los otros casos estudiados.

3. El PRM del MP determinado según el punto 3 de "Material y método" (con un tercer extraestímulo luego de un segundo ubicado dentro del PRM determinado previamente) presentó los siguientes resultados: en 7 casos el PRM fue el registrado previamente, en 4 no se pudo determinar por escape del ritmo propio, y en 6 se obtuvieron valores mayores (Figs. 3 y 4).

En el caso número 11, por ejemplo, se registró un PRM de 470 mseg para un PR, según el fabricante, de 325 ± 30 . Al ubicar el ES2 a 400 mseg de S1, es decir, dentro del PRM, se obtuvo un PRM de 262 mseg sobre el estímulo anterior. Es decir que el PRM total obtenido fue de 662 mseg. Con 300, 200, 100 y 50 mseg de ES2, ES3 no era reconocido por el MP, siempre con 262 mseg o menos (PRM), de modo que los períodos refractarios —dado que el primer ES2 está dentro del PRM previamente obtenido— fueron sucesivamente 562, 462, 362 y 312 mseg.

En la Tabla 2 se describen los valores hallados de PRM obtenidos mediante la metodología descrita en 1, el PR informado por el fabricante y los PRM totales luego de ubicar un primer extraestímulo dentro del PRM.

El comportamiento del MP explantado estudiado *in vitro* fue variable. El PRM obtenido fue de 359 mseg. Con ES2 de 200 mseg el PRM (ES3) fue de 424 mseg, es decir, un PRM total de 624 mseg. Con ES2 de 300 mseg fue de 472

(PRM total de 772). Por otra parte, se observó que el intervalo automático por momentos no se mantenía constante.

4. El período refractario luego de un extraestímulo ubicado fuera del PRM debería ser igual al basal, ya que todo extraestímulo que cae por fuera del PRM es reconocido por el MP. Sin embargo, no en todos los casos se manifestó de esta manera. En los 11 casos en los que fue posible aplicar esta metodología (punto 4 de "Material y método") se observaron resultados variables, descritos en la Tabla 3. En tres casos el PRM se mantuvo igual al PR de sentido informado por la casa fabricante. En 7 se obtuvieron PRM menores y en uno fue mayor. El MP *in vitro* mostró los PRM más prolongados: con 600 mseg de ES2 se obtuvo un PRM mediante ES3, de 450 mseg, siendo el PR de sentido o inhibición de 410 mseg como máximo (Figs. 5 y 6).

DISCUSION

La aplicación de estímulos en la pared torácica para inhibir los MP implantados fue informada hace más de una década. En el presente trabajo se describe una nueva metodología basada en la aplicación de los conocimientos utilizados en los estudios electrofisiológicos.

El desarrollo de estimuladores programables permitió aplicar señales externas en forma programada, obteniendo de este modo en forma sencilla el PR del MP implantado. Este PRM ya fue descrito por diversos autores,⁵⁻⁸ al introducir estímulos en forma aleatoria.

La obtención rápida y sencilla de PRM mediante este procedimiento permite conocer su valor a lo largo del tiempo, lo que eventualmente podría traducir el estado de las fuentes de energía de los MP.

Este estudio demostró que la introducción de un estímulo programado que "barre" el intervalo interestímulo hasta determinar el PRM no siempre coincide con el informado por la casa constructora.

La Tabla 1 muestra que, sobre 18 estudios de otros tantos generadores tomados al azar, 8 presentaban valores distintos a los informados por la casa fabricante. Futuras investigaciones permitirán conocer la relación entre estas va-

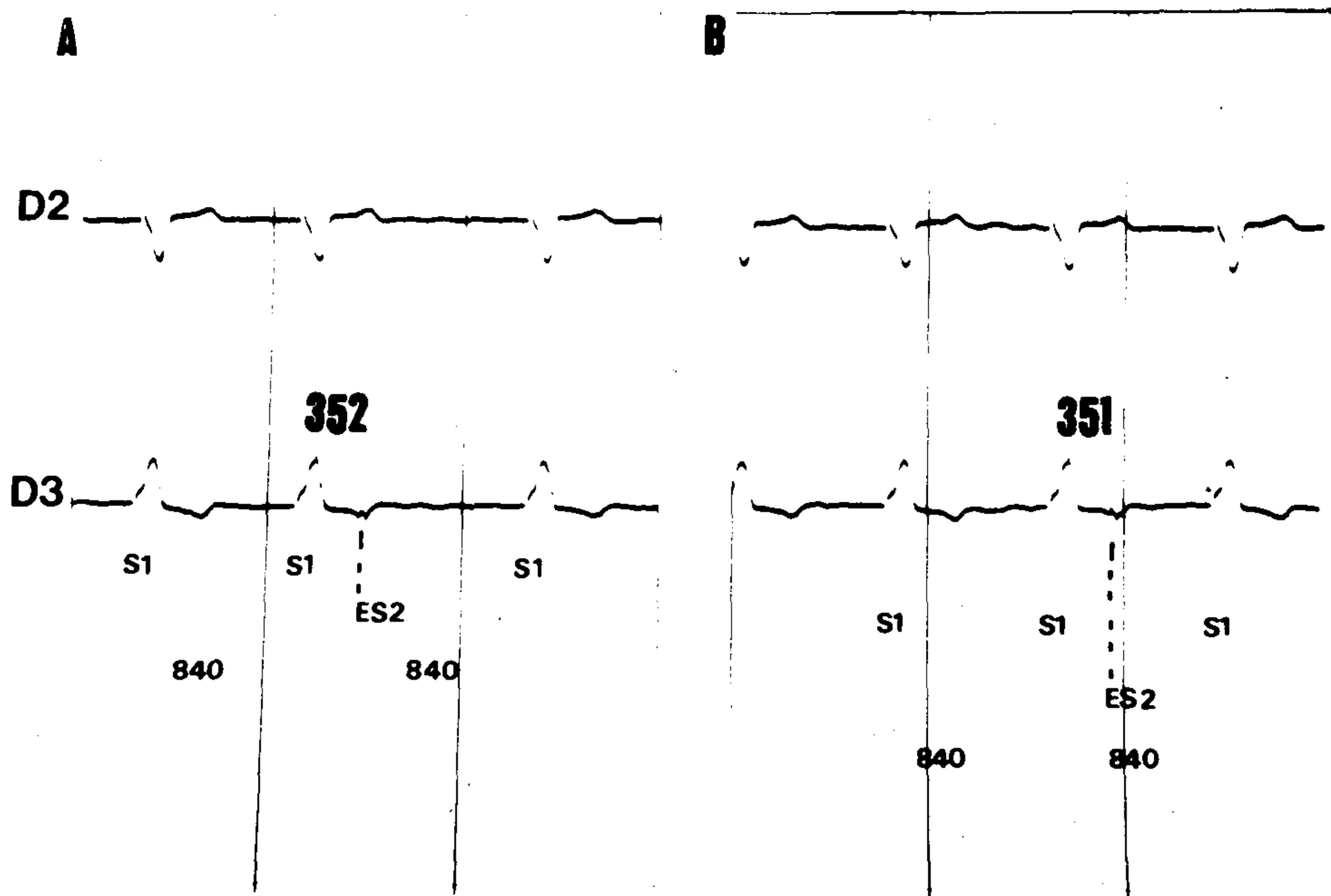


Fig. 1. Obtención de período refractario manifiesto mediante estimulación externa programada (caso 9). Derivaciones D2 y D3, corrida de papel a 25 mm/seg. S1-S1 representa el ciclo automático del MP (840 mseg). En A el extraestímulo ES2 se ubica a 352 mseg de S1, el que al ser reconocido por el MP implantado desarrolla nuevamente un ciclo similar al previo. En B el ES2 es ubicado a 351 mseg, cayendo en período refractario manifiesto; el MP no se recicla.

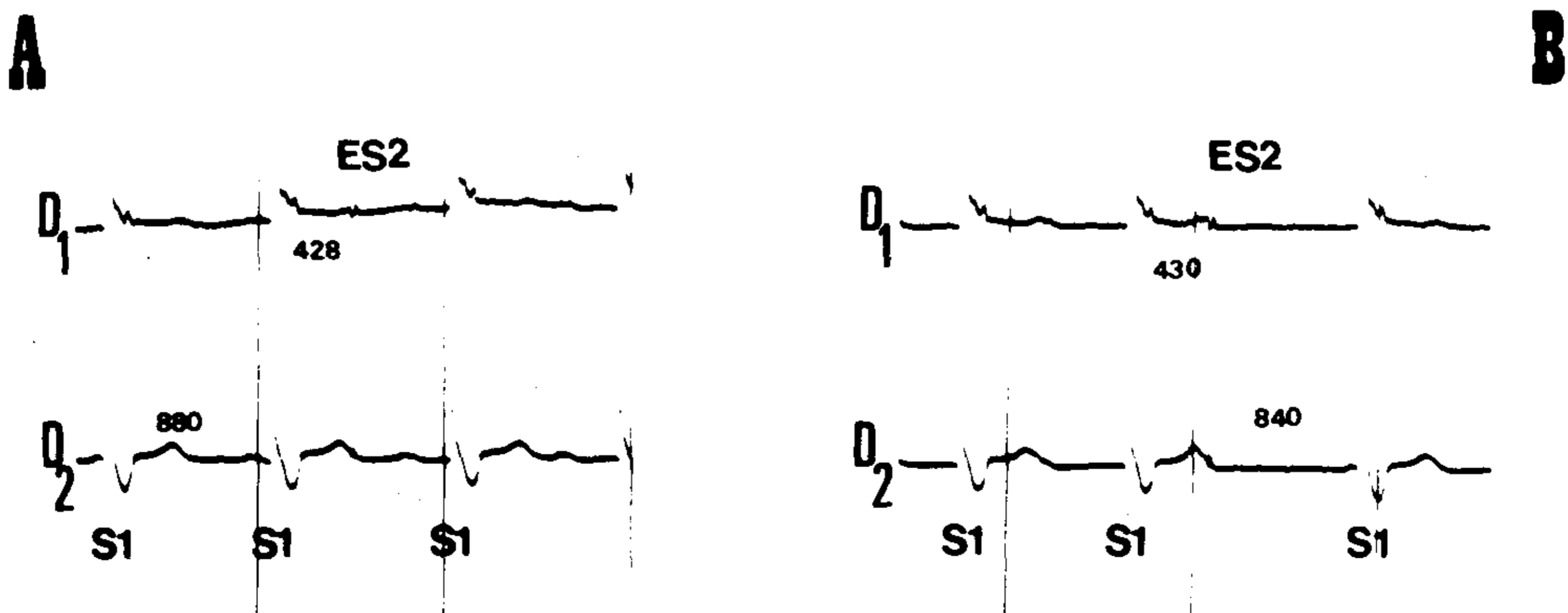


Fig. 2. Obtención del período refractario manifiesto mediante estimulación externa programada (caso 12). Derivaciones D1 y D2, corrida de papel a 25 mm/seg. S1-S1 representa el ciclo automático del MP. En A se ubica un extraestímulo a 428 mseg de S1, el que no es reconocido por el MP implantado. En B el ES2 es ubicado a 430 mseg, provocando el reciclado del MP. A1 estimula pocos milisegundos; por fuera del PRM se producen reciclados parciales ligeramente menores al intervalo automático (S1-S1).

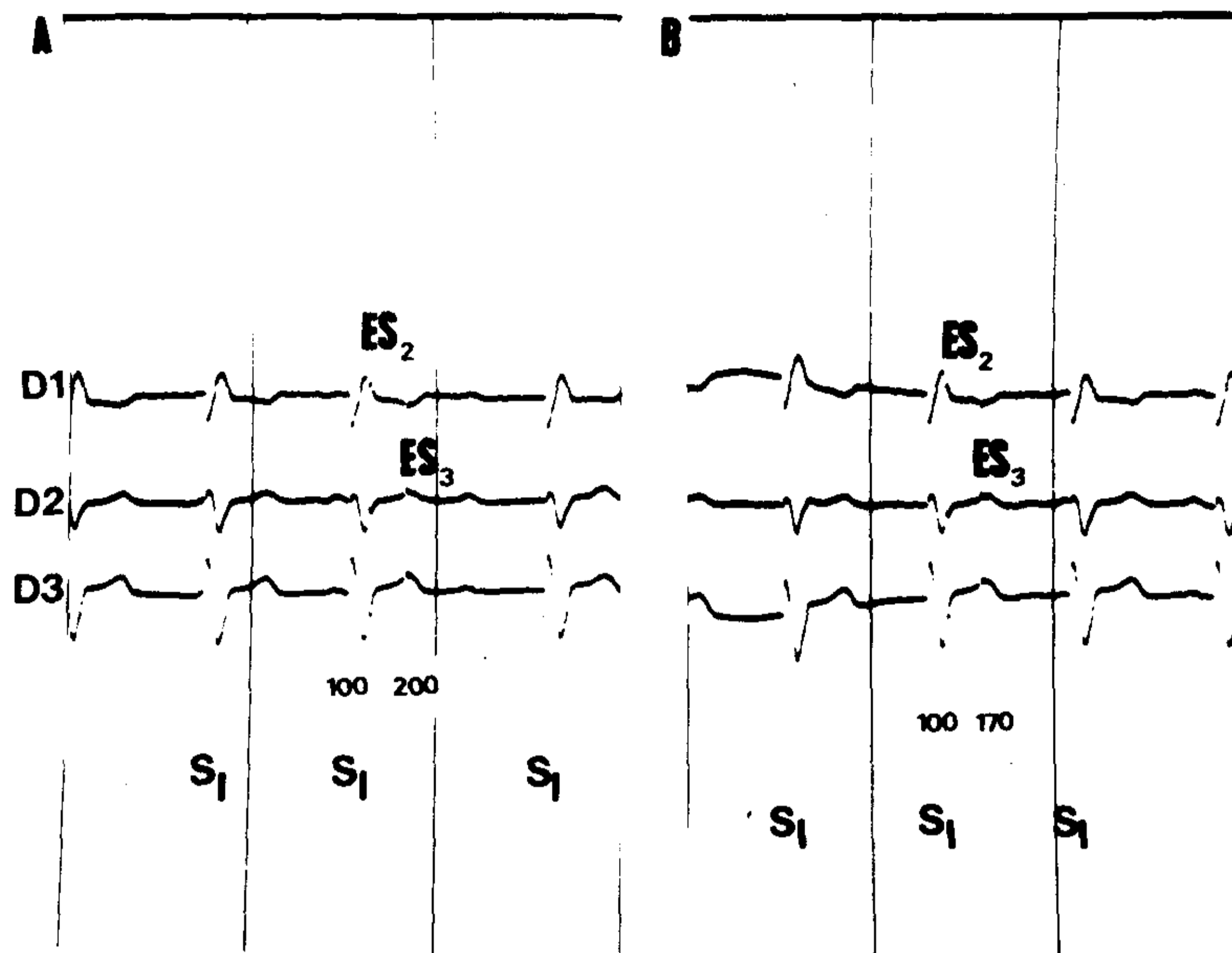


Fig. 3. Obtención del período refractario manifiesto luego de la introducción de un extraestímulo dentro del PRM previamente registrado. Derivaciones D1, D2 y D3, corrida de papel a 25 mm/seg (caso 10). En este caso se obtuvo mediante el método descrito en las Figs. 1 y 2 el PRM de 230 mseg. En A se introduce un primer extraestímulo ES2, a 100 mseg (que cae en período refractario). A 200 mseg del anterior se introduce otro extraestímulo ES3 que es reconocido por el MP, el que se recicla. En B es ubicado a 170 mseg de ES2, ambos en período refractario. Como se observa, el PRM total es de 270 mseg, 50 mseg más que el obtenido previamente y 15 mseg más que el informado por la casa fabricante.

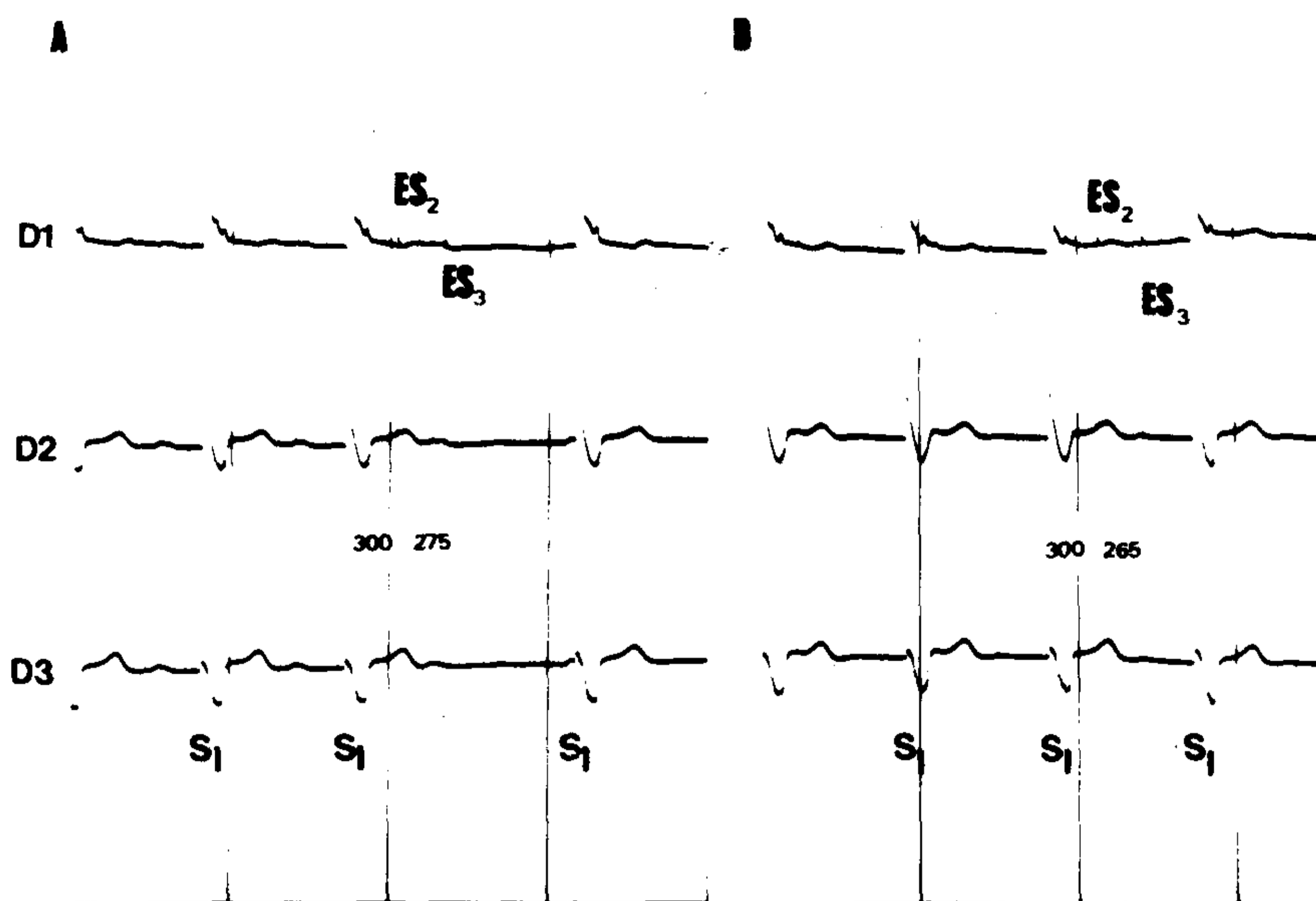


Fig. 4. Obtención del período refractario manifiesto luego de la introducción de un extraestímulo dentro del PRM previamente registrado. Derivaciones D1, D2 y D3, corrida de papel a 25 mm/seg (caso 12). En este caso el PRM fue de 428 mseg (ver Fig. 2). En A se introduce un extraestímulo (ES2) dentro del período refractario, el que no es reconocido por el MP, y se ubica el siguiente extraestímulo (ES3) a 275 mseg del anterior, siendo reconocido por el MP, el que se recicla. En B el segundo extraestímulo (ES3) es ubicado a 265 mseg del anterior, de modo que ambos son ignorados por el MP al caer en período refractario. Así se obtiene un PRM total de 569,5 mseg, notablemente mayor que el obtenido previamente y que el informado por la casa fabricante.

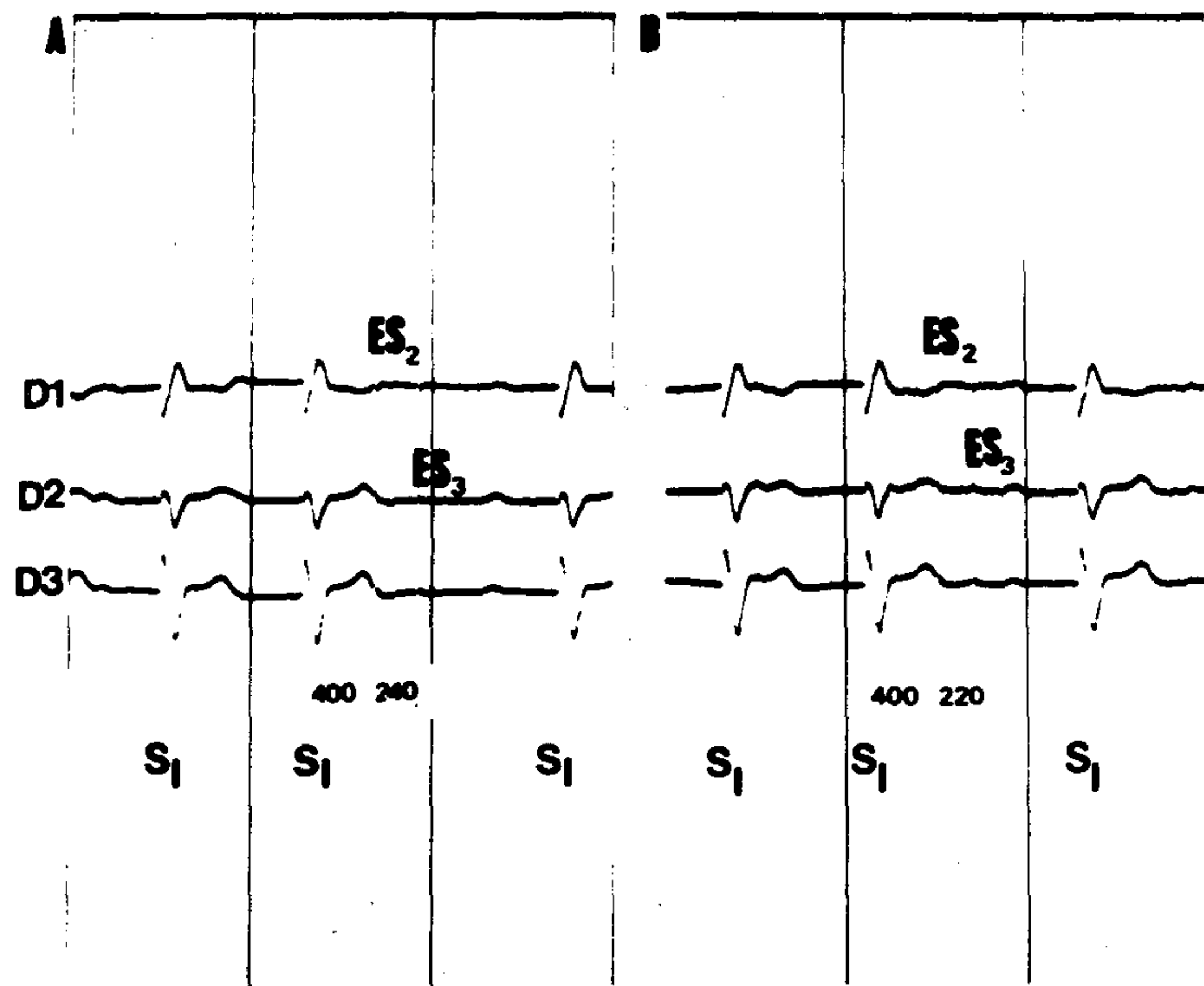


Fig. 5. Obtención del período refractario manifiesto luego de la inhibición del MP por un extraestímulo ubicado por fuera del PRM previamente registrado. Derivaciones D1, D2 y D3, corrida de papel a 25 mm/seg (caso 10). Se ubica un primer extraestímulo ES2 en A, a 400 mseg, el que es sentido por el MP. A 240 mseg se introduce el segundo extraestímulo (ES3), que también es reconocido por el MP, provocando su reciclado. En B, el segundo extraestímulo (ES3) cae en período refractario, a 220 mseg del primero. Este valor es menor que el mínimo informado por la casa fabricante, como período refractario de sentido o inhibición (290 mseg).

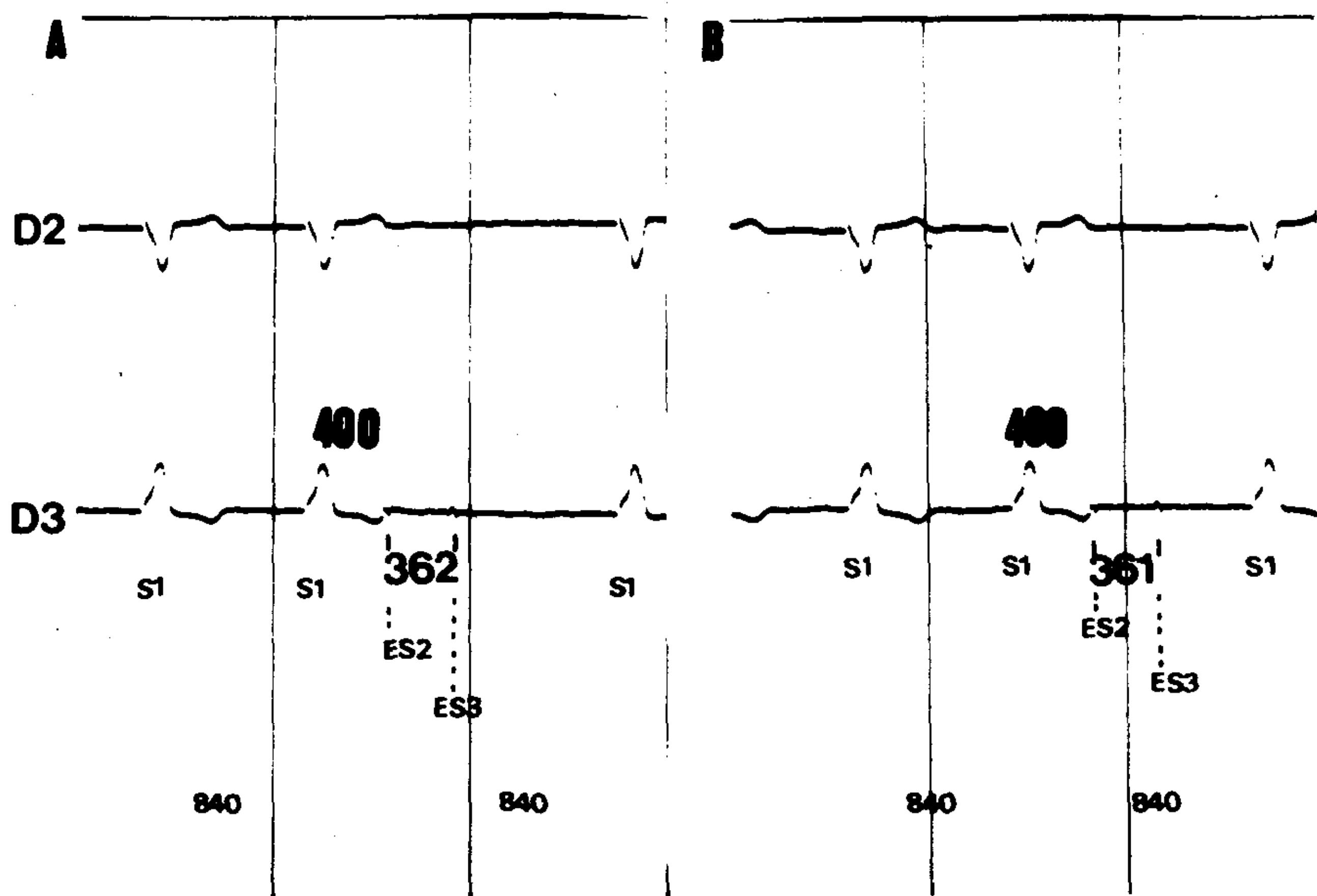


Fig. 6. Obtención del período refractario manifiesto luego de la inhibición del MP por un extraestímulo ubicado por fuera del PRM previamente registrado. Derivaciones D2 y D3, corrida de papel a 25 mm/seg (caso 9). En A se ubica un primer extraestímulo (ES2) a 400 mseg, el que es sentido por el MP. Se introduce el segundo extraestímulo a 362 mseg del anterior (ES3), provocando el reciclado del MP. En B el ES3 se ubica a 361 mseg del anterior, cayendo en el período refractario. El MP se recicla a partir de ES2. Este valor es mayor que el PRM de estimulación obtenido previamente (ver Fig. 1), pero se corresponde con el PRM de inhibición informado por la casa fabricante.

riaciones y el estado de las fuentes de energía.

La estimulación externa mediante un programador permitió observar también que la introducción de estímulos dentro del PRM previamente obtenido varía el PRM total. Es decir que, a pesar de introducir un estímulo en una zona que el MP no reconoce (no es sensado), el PRM obtenido mediante un segundo extraestímulo fue sensiblemente mayor en 6 de 18 casos estudiados. De modo tal que en esos generadores un estímulo ingresa en forma distinta (en el período refractario relativo?) que dos. Esto es posible que se deba a un "error" de los circuitos de monitoreo o de sensado, que culminan en pequeños reciclajes parciales, determinando cambios en la refractariedad. También es posible que se trate de un comportamiento normal, en algunos casos por reciclado del período refractario a partir del ES2 ubicado en el período analizador de "ruido". De este

modo es posible analizar la duración de este período analizador de señales externas. Sin embargo, el valor más importante de este hallazgo desde el punto de vista clínico, es la posibilidad de que determinados extrasístoles o artefactos ingresen en los sistemas de monitoreo, pudiendo, aunque es improbable, determinar fenómenos R/T, con la consiguiente precipitación de arritmias.

Tampoco es igual para el sistema sensor la presencia de dos estímulos. Efectivamente, es conocido que es posible identificar dos períodos refractarios en algunos marcapasos: el correspondiente al de estimulación, es decir, posterior a la emisión de un estímulo de MP (llamado por la literatura anglosajona *delivery refractory period*), y el correspondiente al sensado, posterior al sensado de un latido espontáneo (*sensing refractory period*).⁴⁻⁶ En otros estimuladores (v.g. Pacemaker Programalith) el período refrac-

Tabla 2
Evaluación del PRM de estimulación, luego de la introducción de un extraestímulo dentro del PRM previamente obtenido (ver texto)

6 Pacemaker 201 PR Fábrica 315 ± 20			8 Sorin 222 PR Fábrica 325 ± 30			9 Medtronic 5988 PR Fábrica 325 ± 55		
ES2	ES3	Total	ES2	ES3	Total	ES2	ES3	Total
200	156	356	250	285	525	200	154	354
150	111	261	350	281	621	250	104	354
230	147	377	400	479	879	300	050	350
240	157	397	440	279	719			
250	163	413	450	279	729			
PRM 256 mseg			PRM 450 mseg			PRM 351 mseg		
10 Sorin 222 PR Fábrica 325 ± 30			11 Sorin 222 PR Fábrica 325 ± 30			12 Sorin 222 PR Fábrica 325 ± 30		
ES2	ES3	Total	ES2	ES3	Total	ES2	ES3	Total
200	080	280	400	262	662	400	272,5	672,5
100	170	270	300	262	562	300	269,5	569,5
			200	262	462	200	266,5	466,5
			100	262	362	100	331	431
			050	262	312	050	379	429
PRM 230 mseg			PRM 470 mseg			PRM 428 mseg		

En todos los casos estos MP no tenían más de un mes de implantados, salvo los casos 8 (tres años) y 6 (un año).

tario se divide en dos, absoluto y relativo, en el cual la señal detectada automáticamente incrementa un cierto tiempo de mayor refractariedad absoluta y relativa. De este modo, al sensar señales repetitivas o "ruido" se extiende continuamente el período refractario, resultando en una función asincrónica o suspendiendo totalmente la actividad del generador, según sea la frecuencia de la señal incorporada.

Al aplicar un extraestímulo inmediatamente fuera del PRM, y con el siguiente extraestímulo, se evalúa el PRM sobre el anterior (punto 4 de "Material y método"), estudiándose el PRM del sistema sensor del MP. Se observó que en 2 de 11 casos este PRM coincidía con el informado por la casa fabricante y en 9 no. Es necesario mencionar que, dada la oportunidad en que se realizaron estos estudios, no todas las casas especificaban estos datos, y en algunos casos se informaban como coincidentes con el PR de estimulación.

La obtención de estos parámetros podría indicar, si no coinciden con los originalmente registrados o aportados por la empresa constructora, proceso de deterioro de los circuitos de monitoreo o agotamiento de las baterías. Hipotéticamente, si se tratara de extrasístoles, podrían generar arritmias severas al actuar en períodos de vulnerabilidad ventricular.

El análisis de las Tablas 2 y 3 permite observar que es posible graficar curvas de refractariedad, en un caso de estimulación y en el otro de sentido. En el primer caso no existe relación proporcional; sin embargo, se ve que en el segundo, en 5 casos, se observa que, cuanto más cercano a la espiga del MP está el extraestímulo externo, más largo será el período refractario de sentido obtenido: en uno no varía y en 5 es proporcionalmente menor.

Estas curvas permiten identificar cada uno de los generadores, determinando patentes propias e individuales para cada unidad.

Esta metodología fue también aplicada a un generador fuera del organismo. Se trataba de un MP usado, de 28 meses de vida, en el cual no se obtuvo diferencia significativa respecto del PRM informado por la casa fabricante. Sin embargo, los períodos refractarios obtenidos por la introducción de estímulos en el interior o

Tabla 3
Evaluación del período refractario de inhibición o de sentido luego de la introducción de un ES2 fuera del PRM, mediante ES3 (véase texto)

a) Se mantuvo de acuerdo al PR informado por la casa fabricante.

1 Medtronic 5989 PR 325 ± 55	9 Medtronic 5988 PR 325 ± 55	13 Medtronic 5926 PR 325 ± 55			
ES2	ES3	ES2	ES3	ES2	ES3
800	359	500	359	400	317
700	359	400	361	500	317
600	359	360	373	600	317
500	361			700	318
400	365			800	318

b) Redujeron el período refractario de acuerdo con el informado por el fabricante.

2 Sorin Lit 221 PR 300 ± 40	3 CPI 503 PR 330 ± 20	5 CPI 505 PR 320 ± 10			
ES2	ES3	ES2	ES3	ES2	ES3
600	207	600	273	600	254
500	207	500	271	400	253
400	206	400	269	300	250
300	207				

8 Sorin Lit 222 PR 350 ± 60	10 Sorin 222 PR 350 ± 60	11 Sorin 222 PR 350 ± 60			
ES2	ES3	ES2	ES3	ES2	ES3
700	283	700	240	800	265
600	283	600	255	700	265
500	286	500	240	600	265
460	294	400	230	500	265

12 Sorin 222 PR 350 ± 60	
ES2	ES3
800	272
700	269,5
600	269,5
500	275

c) Se obtuvo el período refractario más prolongado que el informado por el fabricante.

17 Vitatrón 42RT PR 325	
ES2	ES3
800	341
700	341
600	342
500	343
420	344

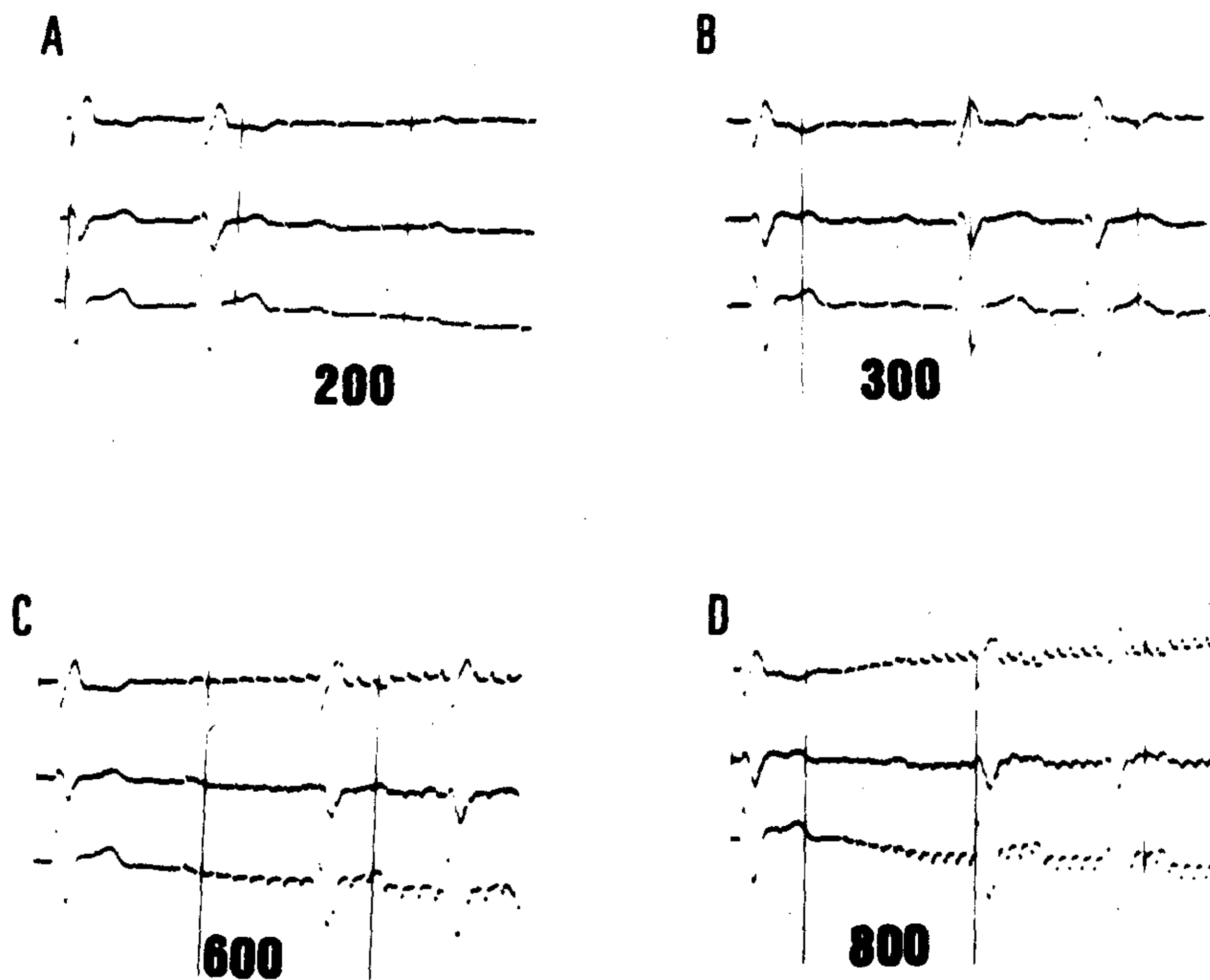


Fig. 7. Introducción de frecuencias intermedias. En A se estimula externamente a 200 estímulos por minuto, provocando la inhibición del MP implantado. Sin embargo, con 300 estímulos por minuto (B), 600 (C) y 800 (D), el MP implantado registra el "ruido", comportándose como asincrónico (caso 10). Características de registro y derivaciones iguales que en la Fig. 3.

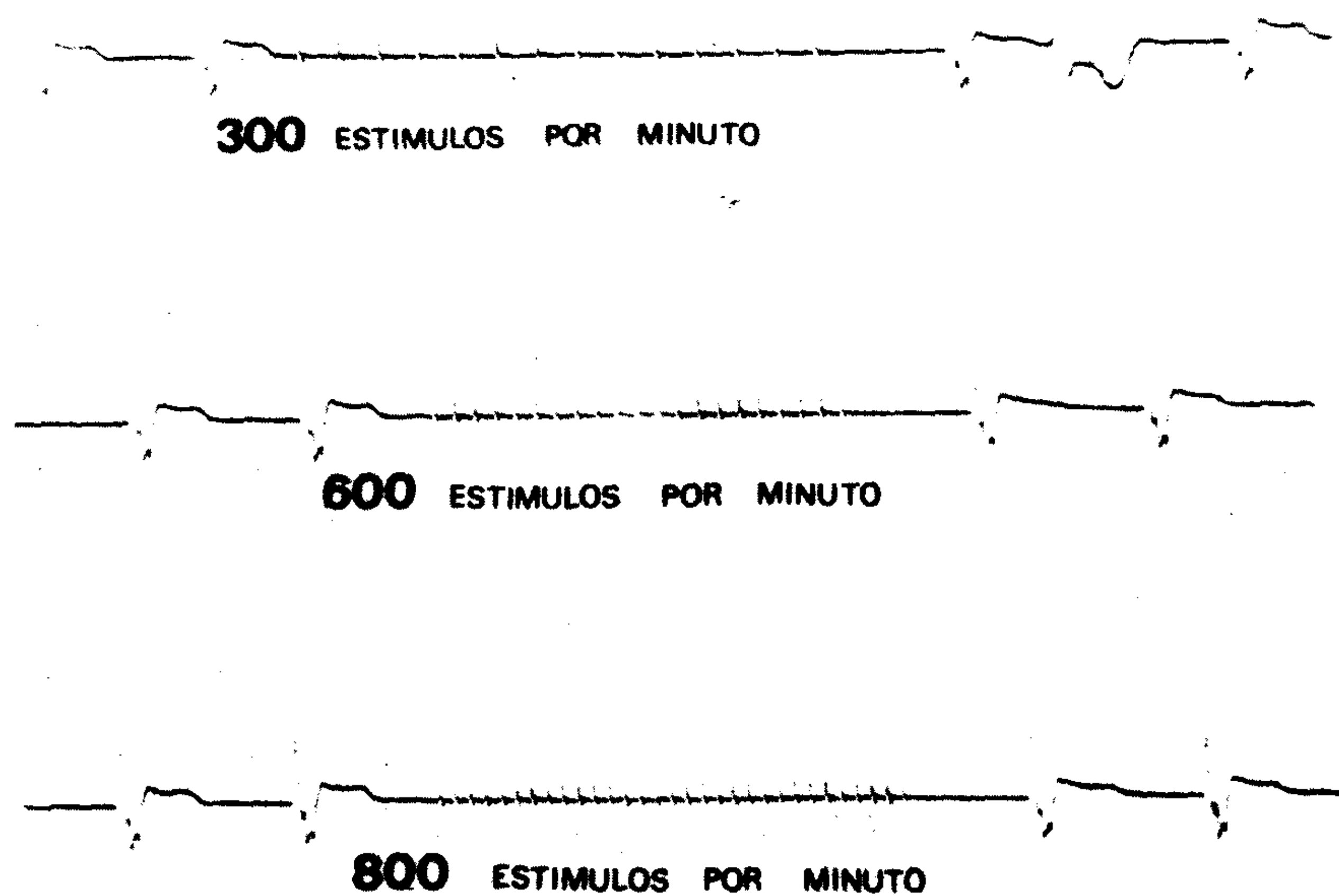


Fig. 8. Introducción de frecuencias intermedias. La estimulación externa a 300, 600 y 800 estímulos por minuto provoca la inhibición total del MP implantado. Derivación D2, corrida de papel a 25 mm/seg.

fuera del PRM previamente obtenido mostraron, como en otros casos, grandes variaciones. Es posible que estas alteraciones tengan relación con los hallazgos previamente descritos en algunos generadores implantados. También las variaciones del intervalo interestímulo (automático), luego de obtenido el PRM, sugieren una alteración originada probablemente en que la temperatura no era la adecuada para su correcto funcionamiento.

Es conocido que los MP implantados cambian de frecuencia de acuerdo con el ritmo circadiano, incrementándose en uno o dos latidos durante el día y reduciéndose de la misma manera durante la noche, lo que estaría relacionado con las variaciones de la temperatura corporal.

La Tabla 4 resume los distintos períodos refractarios descritos con la metodología aplicada. Estos PR corresponden a los descriptos como de estimulación y del sistema sensor,⁷ del mismo modo que los intervalos que se obtienen corresponden al automático y al intervalo de escape del MP, que según la presencia o no de histéresis pueden ser distintos.⁸ La obtención de PRM sucesivos permite conocer su variación a lo largo del tiempo, de acuerdo con la capacidad de las baterías y del circuito electrónico. Futuras investigaciones permitirán obtener curvas de refractariedad de acuerdo con la carga de la fuente de energía. La aplica-

ción del método permite conocer además la evolución natural del trastorno de conducción o del automatismo que determinó la implantación del MP, tal como fue descrito previamente.⁹

La presente investigación permitió también evaluar la incidencia de la estimulación externa de mediana frecuencia (600 a 800 estímulos por minuto), lo que es interpretado por el mecanismo de monitoreo del MP como "ruido", con la consiguiente estimulación asincrónica, o suspensión de la estimulación, según el caso (Figs. 7 y 8). Como se mencionó previamente, depende de la presencia en la unidad del llamado período analizador de "ruido", o en otros casos período refractario relativo, ubicado entre el período refractario absoluto y el período de alerta; en este último caso, al incrementar sucesivamente ambos PR, al reconocer el "ruido" o sucesivos latidos, anula su función.

Debe hacerse una última consideración acerca de la intensidad necesaria para inhibir externamente un generador. En esta experiencia se vio que existe un pequeño rango de intensidad subumbral, en el cual la recepción insuficiente determina variaciones del período refractario obtenido. De este modo fue posible graficar curvas de relación intensidad-refractariedad, de carácter semilogarítmico. En este caso también se abre un importante campo de investigación para determinar su incidencia en la evaluación del grado de detrimento de las fuentes de energía del MP.

Este trabajo introduce de este modo una nueva metodología para la evaluación y análisis de los MP implantados, determinando elementos que permiten conocer el estado del sistema de estimulación y del sistema de inhibición o demanda, y eventualmente indicadores del estado de las baterías. Se observan también variaciones de los PRM obtenidos por barrido del intervalo interestímulo, como así también luego de introducir estímulos en el interior o fuera del PRM, comprobándose que no siempre coinciden con el período refractario informado por la casa constructora. La inhibición externa permite también conocer la evolución natural del trastorno que ocasionó la implantación del generador, la curva intensidad-refractariedad, la res-

Tabla 4

Períodos refractarios obtenidos mediante estimulación externa programada

1. Período refractario obtenido mediante la introducción de un extraestímulo a intervalos progresivamente más cercanos al estímulo del MP (PRM de estimulación).
2. Período refractario obtenido luego de introducir un estímulo dentro del PRM previamente obtenido, y no reconocido por el MP.
3. Período refractario obtenido luego de un estímulo ubicado por fuera del PRM, reconocido por el MP (PRM de inhibición o de sensado).
4. PRM obtenido en el generador en un banco de pruebas, fuera del organismo, a diversas temperaturas.

Estos PRM deben correlacionarse con el obtenido electrónicamente por la casa fabricante antes de ser enviado al mercado.

puesta frente al "ruido", abriendo nuevas perspectivas en el análisis de los sistemas electrónicos de los MP y de las fuentes de energía.

PROGRAMMED CHEST WALL STIMULATION. USEFULNESS IN THE EVALUATION OF IMPLANTED PACEMAKERS

The use of DC stimuli properly applied over body surface, permits the development of several changes in demand pacemakers (PM) (inhibited or triggered units). A programmable PM was employed in the present study in order to assess the functioning of stimulation and sensing in different generators. 18 units were studied, 17 being implanted in the same number of patients and one analysed "in vitro". The manifest refractory period (MRP) was obtained by means of scanning with external stimuli the automatic interval. The MRP was coincident with that one provided by the manufacturer in 10 out of 18 PM, while in 5 PM it was longer (analyzed between 6 hours and 36 months after implanted) and in 3 it was shorter. The MRP were also determined following the introduction of a first extrastimulus within the MRP or immediately after it; significant variation of the MRPs were observed compared to the periods previously obtained. These variations were greater in the PM studied "in vitro", therefore confirming the necessity of a proper temperature for the correct functioning of the unit. It was demonstrated that the MRP depends in some cases on the amount of energy applied for inhibition. Finally, it was possible to evaluate

the behaviour in case of "noise", by applying stimuli of intermediate frequencies (600-800 stimuli/minute). These investigations lead to new concepts in the field of the analysis of PM functioning. This technique shows the existence of changes in the duration of the refractory periods after the application of two successive stimuli with different intervals between them, and demonstrates that a single stimulus (for instance a premature beat) does not evoke the same response if compared with two stimuli.

BIBLIOGRAFIA

1. Posse R, Lapuente A, Ríos V, Mondejar A, Smith A, Toscano H: Evaluación de los marcapasos ventrículo-inhibidos por la aplicación en la superficie corporal de pulsos rítmicos de corriente. Primera Reunión Científica, Soc Arg de Card, 1972.
2. Posse R, Lapuente A, Ríos V, Mondejar A, Rotondaro D, Toscano H: El sistema de monitoreo interno de los marcapasos ventrículo-inhibidos. Séptima Reunión Científica, Soc Arg de Card, 1972.
3. Marinato PG, Bressan M, Buja G, Nava A, Barreiro M, Verlatto M, Volta SD: Programmed chest-wall stimulation to evaluate the progress of A-V block after pacemaker insertion in patients with trifascicular block. *Pace* 5: 658, 1982.
4. Barold S, Gaidula J: Evaluation of normal and abnormal sensing functions of demand pacemakers. *A J Card* 28: 201, 1971.
5. Barold S, Pupillo G, Gaidula J et al: Chest wall stimulation in the evaluation of patients with implanted ventricular inhibited pacemakers. *Brit Heart J* 32: 783, 1970.
6. Samet P, Hildner F, Schoenfeld C et al: Effect of chest wall stimulation on cardiac pacemaker function. *Circulation* 39-40 (Suppl III): 176, 1969.
7. Barold S: Clinical significance of pacemaker refractory periods. *Am J Cardiol* 28: 237, 1971.
8. Posse R, Lapuente A, Ríos V, Mondejar A, Smith A, Toscano H: Evaluación de los marcapasos ventrículo-inhibidos por la aplicación en la superficie corporal de pulsos rítmicos de corriente directa. *Rev Arg de Cardiol* 43: 121, 1975.
9. Grendhal H, Miller M, Kjekshus J: Overdrive suppression of implanted pacemakers in patient with A-V block. *Brit Heart J* 40: 106, 1978.