

# Efectos capacitivos sobre la morfología del Estímulo del Marcapasos

Dres. BERNARDO B. LOZADA (h) y ALEJANDRO DUSSAUT (h)

Centro Especializado en Marcapasos, Independencia 947, Buenos Aires

## RESUMEN

228 pacientes con marcapasos implantados fueron controlados con osciloscopia de alta velocidad. En 17 de ellos pudo observarse la aparición de efectos capacitivos, lo que significa un porcentaje del 7.4 %.

Los efectos capacitivos se relacionaron con pérdidas de aislación en distintos componentes del sistema, y sus distintos grados con la magnitud de la falla. Así, puede predecirse el tamaño de la falta de aislación según el grado del efecto capacitivo observado en la osciloscopia, y su ubicación por la magnitud del incremento de la tensión registrada.

Por último, podemos decir que el elemento que permite un correcto diagnóstico de tales fallas, es la morfología de la espiga.

La utilización de un osciloscopio de alta velocidad de barrido con autodisparo del haz electrónico sincronizado, y unidad de computación digital para la medición instantánea de los parámetros electrónicos de la

espiga del marcapasos, ha permitido no sólo controlar dichos parámetros numéricos, sino también, visualizar la morfología del artefacto de estimulación (1, 2).

Las morfologías normales observables en distintos tipos de generadores han sido descritas en trabajos anteriores, como así también algunas de las modificaciones que éstas sufren como consecuencia de las variaciones en la resistencia externa y en el agregado de circuitos capacitivos (3, 4). Esta última condición ha sido observada con relativa frecuencia en nuestra serie de pacientes. El objetivo del presente trabajo es estudiar la influencia de los efectos capacitivos sobre las morfologías normales de la espiga, intentando agruparlas según su importancia, y finalmente relacionar las alteraciones observadas con las comprobaciones efectuadas en cirugía o en banco de pruebas.

## MATERIAL Y METODOS

Un total de 228 pacientes fueron agrupados según 2 criterios diferentes:

a) tipo de electrodos, con o sin adaptación:

—Medtronic = 68 casos	c/adaptador = 38 casos
—ELA = 80 casos	c/adaptador = 17 casos
—Biotronic = 5 casos	c/adaptador = 1 caso
—Cordis = 4 casos	c/adaptador = 2 casos
—Ruiz Aguilar - Tagle = 4 casos	
—Devices = 3 casos	c/adaptador = 3 casos
—Elema - Schönander = 2 casos	
—Vitatron = 1 caso	

b) antigüedad de los elementos conductores:

- menor de 1 año = 71 pacientes.
- de 1 a 3 años = 55 pacientes.
- de 3 a 5 años = 52 pacientes.
- de más de 5 años = 50 pacientes.

En todos ellos se efectuaron controles osciloscópicos según la técnica habitual, mediante el uso del sistema de control osciloscópico SUSI (R).

Se seleccionaron aquellas morfologías que presentaran un lento ascenso de la curva de corriente hasta su punto máximo, de manera tal que esta amplitud máxima se alcanzara en tiempos alejados del comienzo de la espiga. Esta modificación resulta en un artefacto de perfil redondeado inicial, sin que se produzcan alteraciones en las fases finales del mismo (figura 1). En esta misma figura se ejemplifican los 4 grados en los cuales fueron clasificados los posibles

efectos capacitivos, de acuerdo al tiempo en el cual se alcance la amplitud máxima.

Así, un efecto capacitivo **grado 1** fué definido como aquel que se inscribiese en un lapso mediado entre el comienzo del artefacto y la primera cuarta parte de la duración total; **grado 2**, entre  $1/4$  y  $1/2$  de la duración total, **grado 3**, desde la mitad de la espiga y hasta las  $3/4$  partes de la duración total, y, finalmente, **grado 4**, desde las  $3/4$  partes hasta el fin de la espiga.

Estos 4 grados, se corresponden con áreas "robadas" a la morfología normal sucesivamente crecientes, como puede verse en el mismo esquema.

Por otra parte fueron consignados los valores tensión medidos simultáneamente, a fin de establecer su relación con la ubicación del defecto en el sistema de estimulación.

En casi todos los casos, se exploró quirúrgicamente a los pacientes en forma inmediata o alejada, y se consignaron las alteraciones observadas a simple vista o las pruebas efectuadas "en banco".

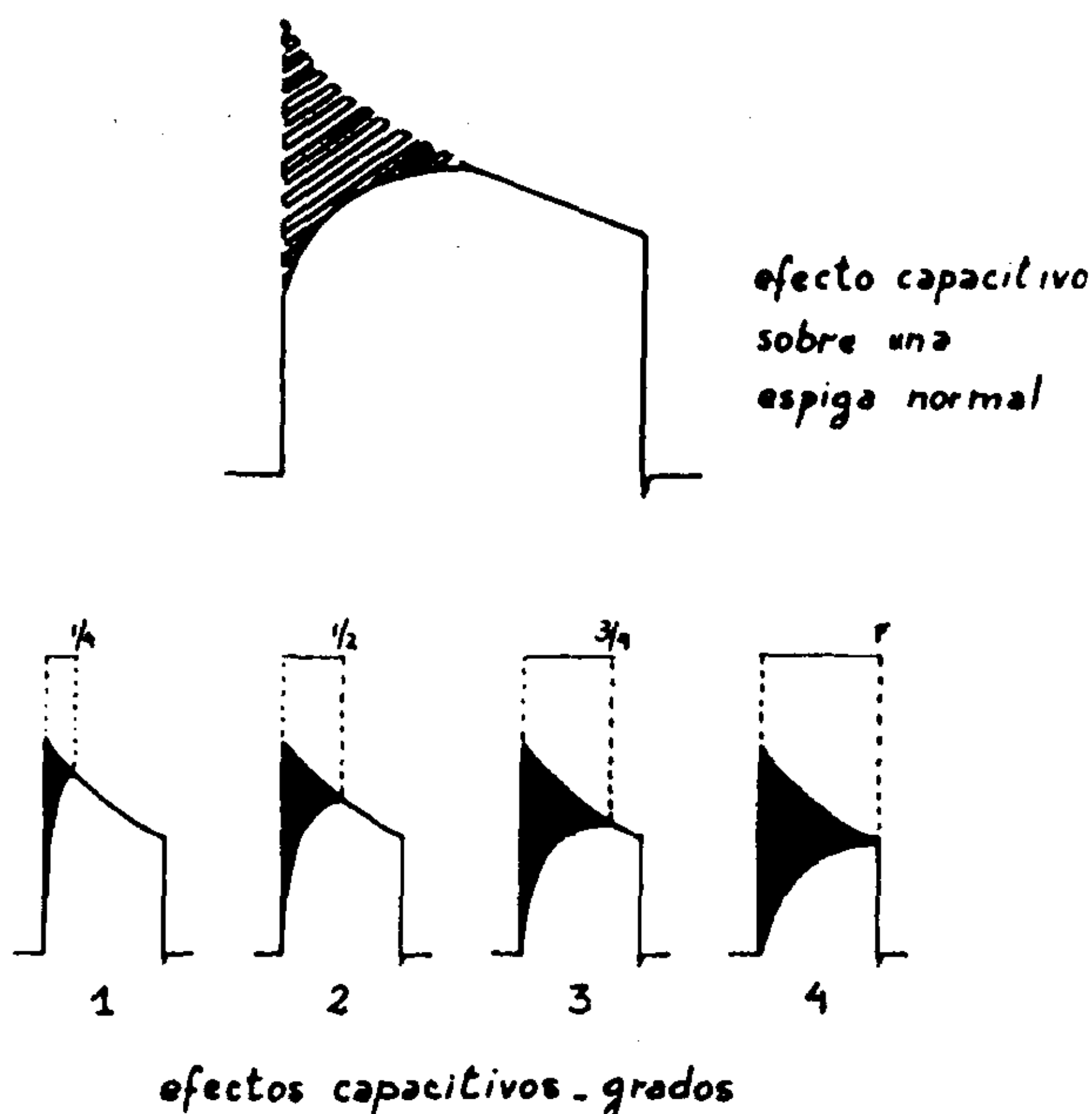


Figura 1: Efecto capacitivo sobre el patrón de diferenciación normal de una espiga. Grados observables de los distintos efectos capacitivos.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos se refieren en la figura 2.

La frecuencia global de incidencia del efecto capacitivo fue del 7,4 %. Discriminando este porcentaje según la marca de los elementos conductores, los resultados fueron los siguientes:

- 4,4 % de electrodos Medtronic
- 6,2 % de electrodos ELA

- 18,4 % de electrodos Medtronic c/adaptador, y
  - 13,3 % de electrodos ELA c/adaptador
- En cuanto a la antigüedad de los mismos,
- un 2,8 % eran de menos de 1 año,
  - 10,9 % entre 1 y 3 años,
  - 9,6 % de 3 a 5 años, y
  - 8,0 % de más de 5 años de uso.

En lo que se refiere a la ubicación del defecto, pudo determinarse que:

- 6 eran a nivel del electrodo (figura 3).

EFECTOS CAPACITIVOS - FRECUENCIA SEGUN MARCAS		
MARCAS	CON EFECTOS CAPACITIVOS	TOTAL DE PACIENTES
MEDTRONIC	3	68
ELA	5	80
DEVICES	-	3
VITATRON	-	1
RUIZ AGUILAR - TAGLE	-	4
CORDIS	-	4
ELEMA - SCHÖNANDER	-	2
BIOTRONIK	-	5
MEDTRONIC C/adapt	7	36
ELA C/adaptador	2	17
DEVICES C/adaptador	-	3
CORDIS C/adaptador	-	2
BIOTRONIK C/adapt	-	1
TOTAL	17	228

Figura 2: Efectos capacitivos: Incidencia y distribución según la marca de los elementos conductores.

EFECTOS CAPACITIVOS - FRECUENCIA SEGUN ANTIGÜEDAD		
ANTIGÜEDAD	CON EFECTOS CAPACITIVOS	TOTAL DE PACIENTES
MENOR DE UN AÑO	2	71
DE UNO A TRES AÑOS	6	55
DE TRES A CINCO AÑOS	5	52
MAYOR DE CINCO AÑOS	4	50
TOTAL	17	228

Figura 2 (bis): Efectos capacitivos: distribución según antigüedad de los elementos conductores.

- 5 a nivel del adaptador empleado (figura 4).
- 1 en la conexión del cateter al generador (figura 5).
- 1 en el propio generador (figura 6).

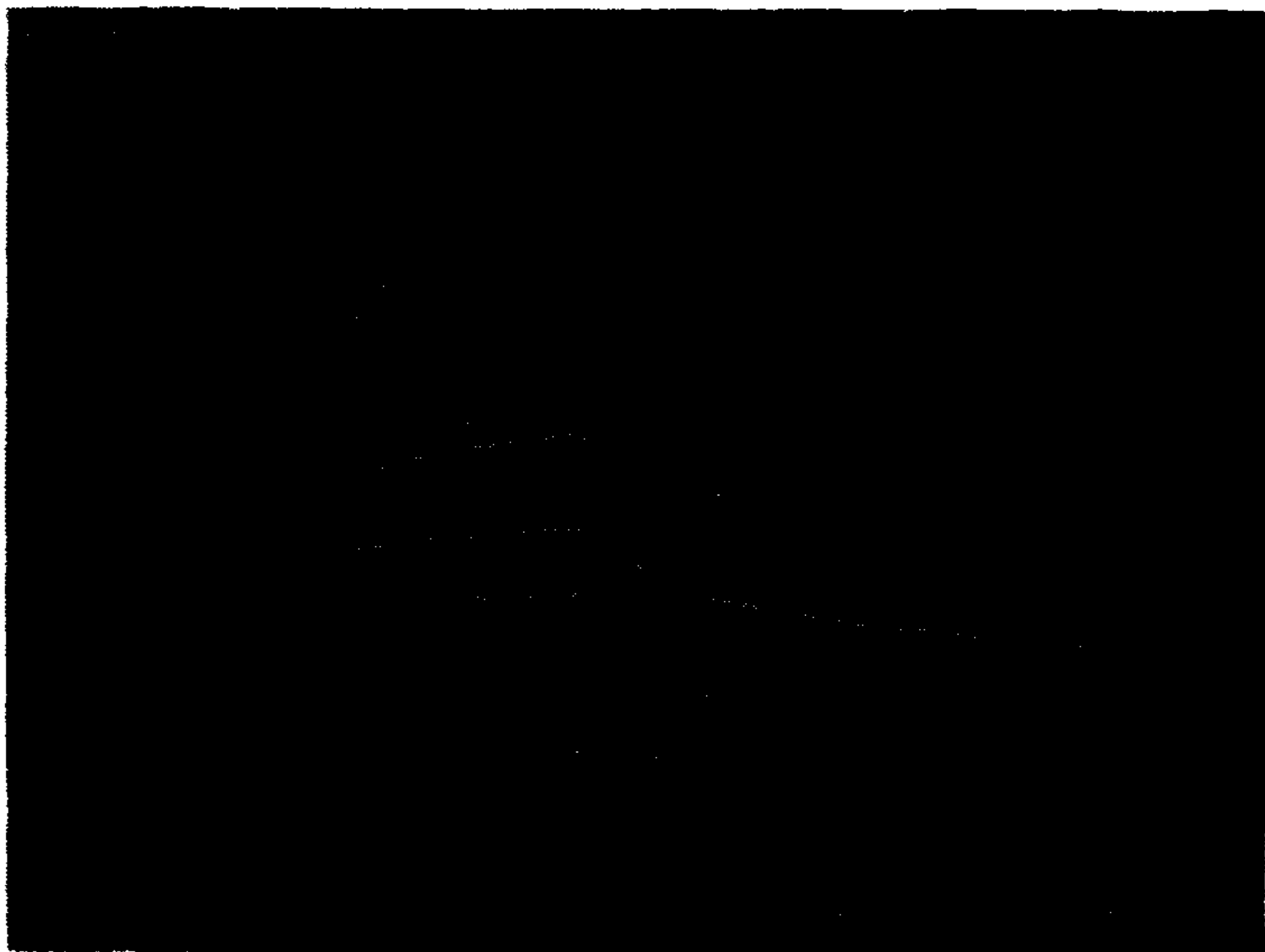
Mientras que en 4 casos no se realizó control quirúrgico por distintos motivos.

En todos los casos, el defecto consistía en la **pérdida de aislación** de mayor o menor magnitud, tanto visible macroscopicamente como determinable con seguridad con el control en banco de pruebas.

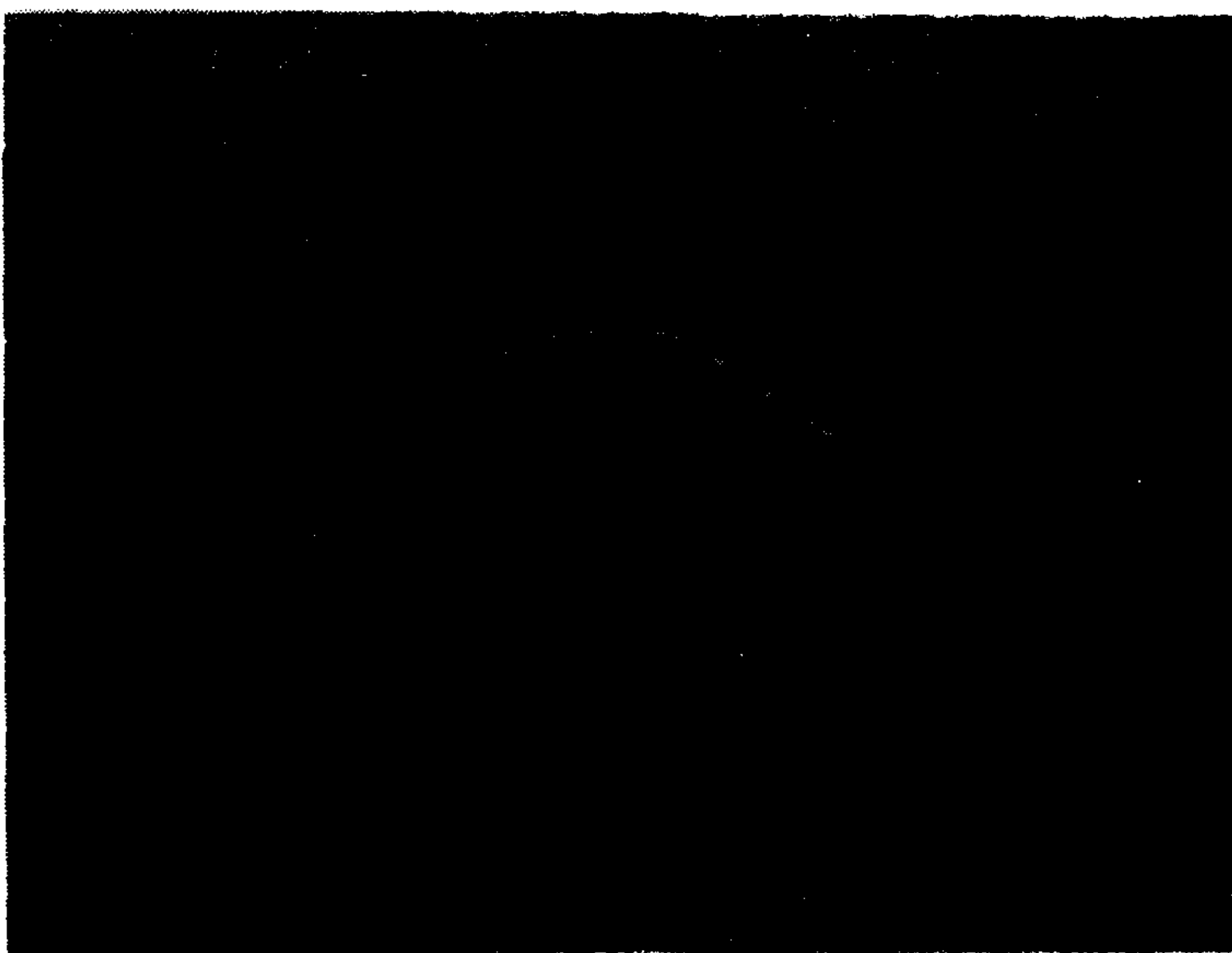
Por último, con respecto al **grado** de efecto capacitivo observado, éste fue proporcional (a grandes rasgos) con la magnitud de la pérdida de aislación, y la distribución de los casos fue como sigue:

- 8 de grado 1,
- 5 de grado 2,
- 3 de grado 3, y
- 1 de grado 4.

La relación existente entre el tamaño del defecto y el grado de efecto capacitivo ha



**Figura 3: Efecto capacitivo por rotura a nivel del electrodo (Grado 4).**



**Figura 4**

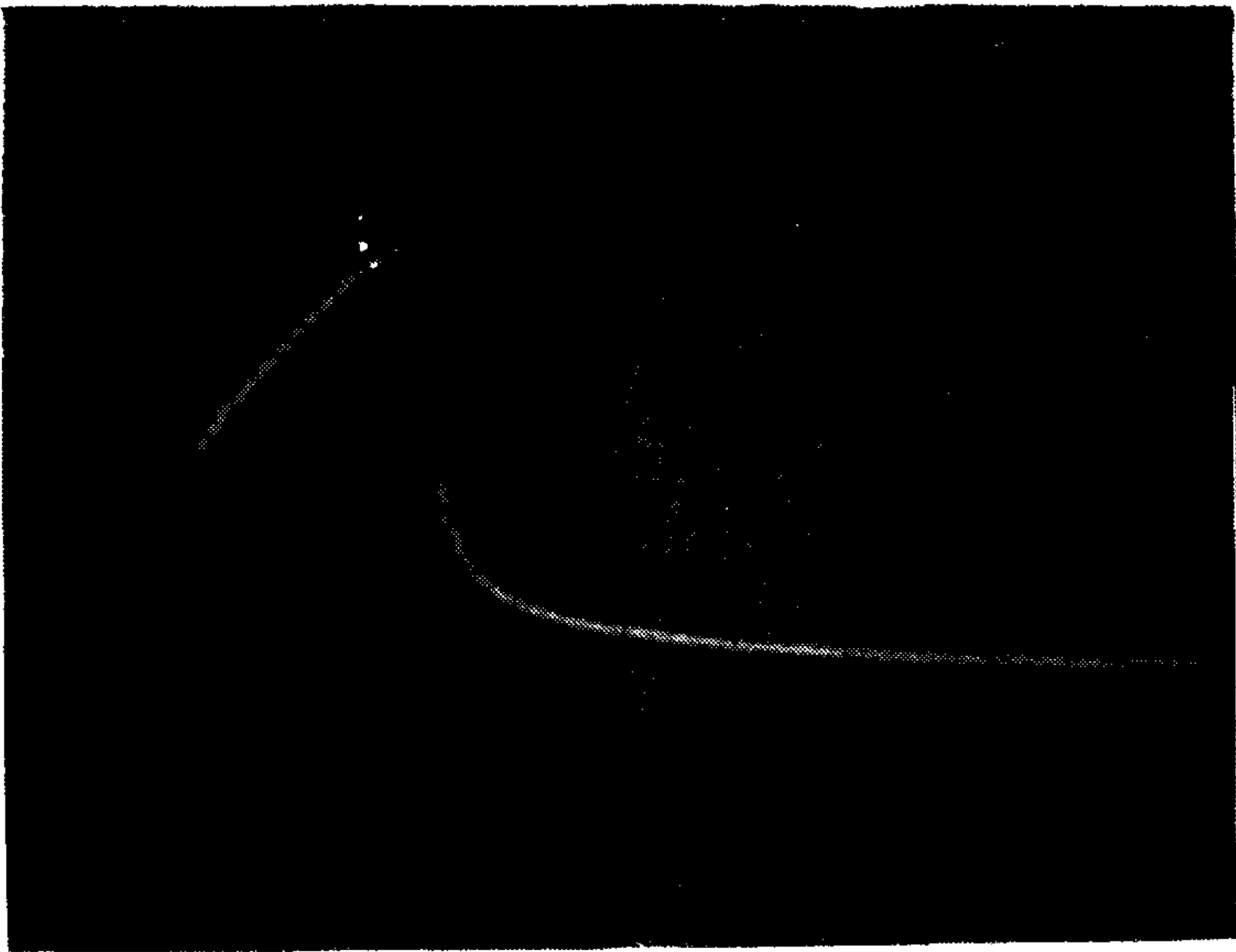


Figura 5

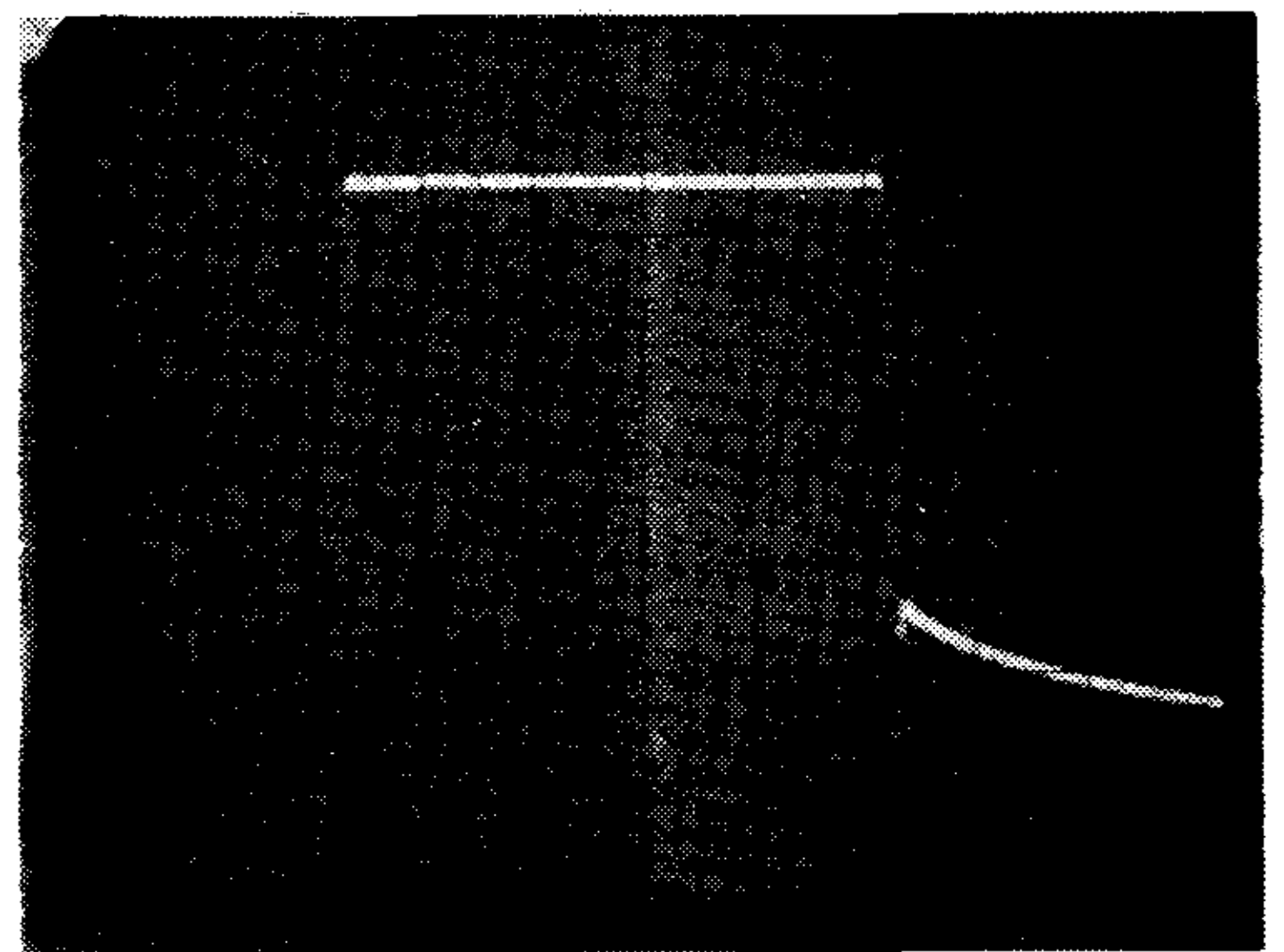
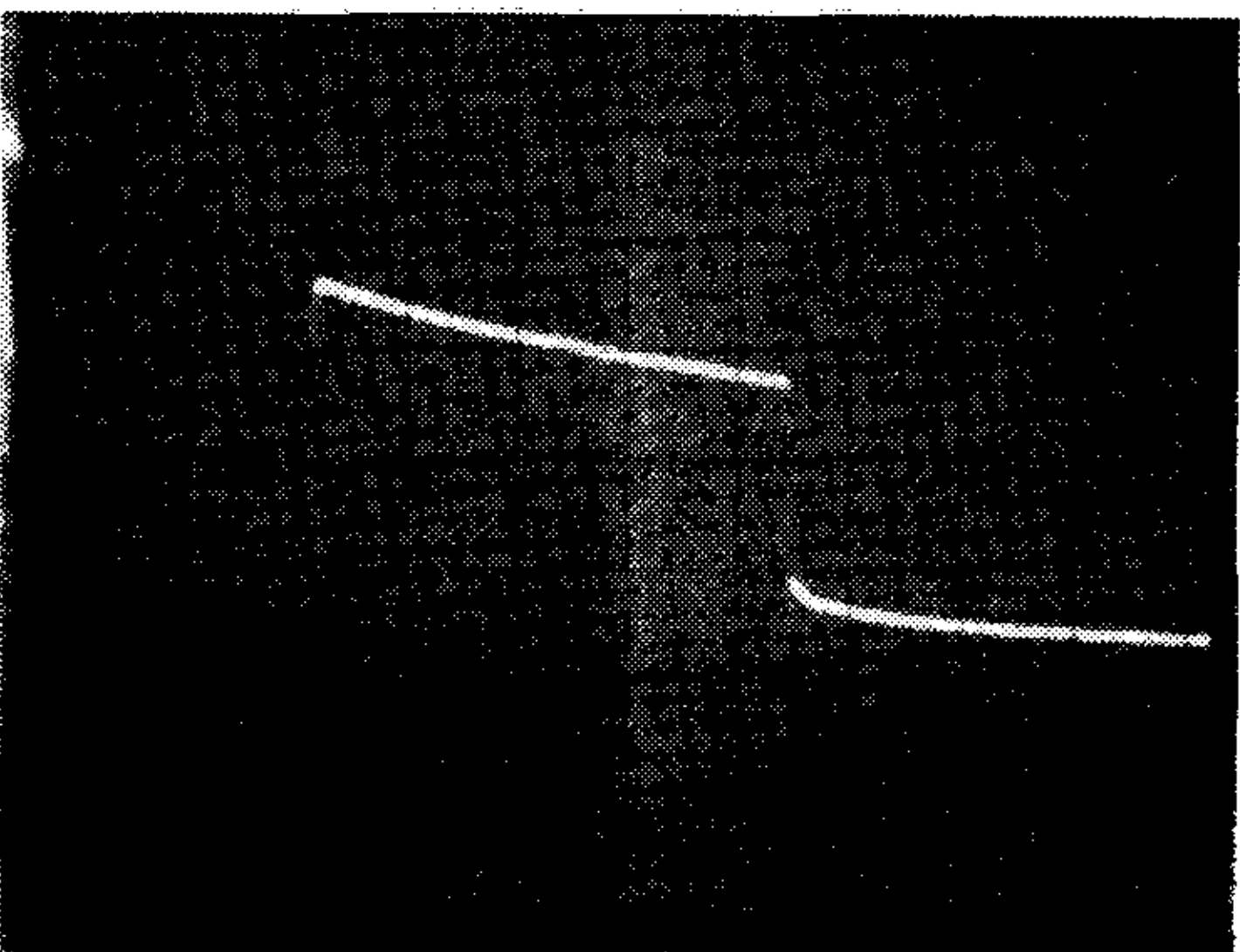
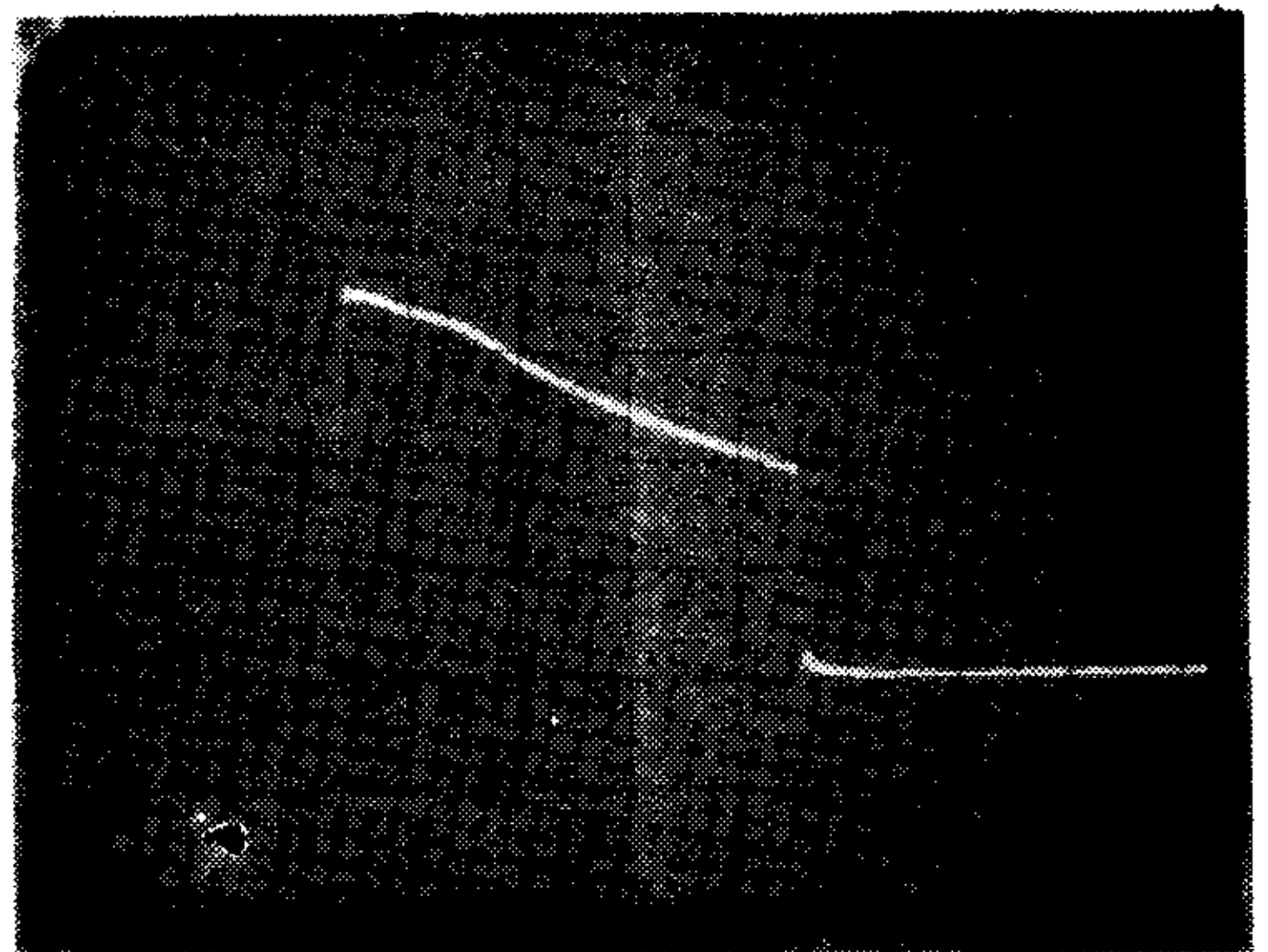
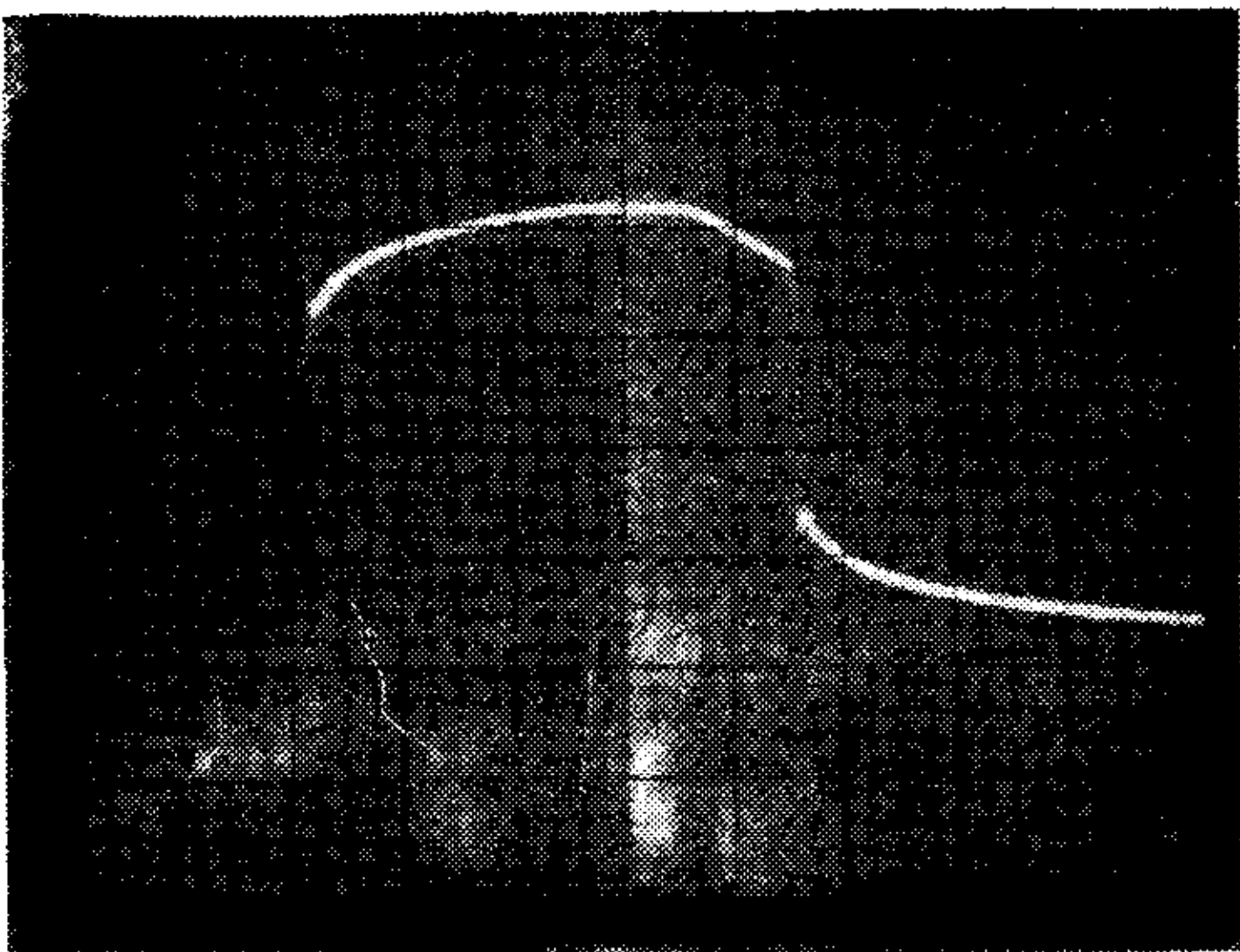


Figura 6: Efecto capacitivo por pérdida de aislación en la cubierta de titanio de un generador implantado. Arriba izquierda: con el generador en el bolsillo; arriba derecha: una vez extraído del mismo; Abajo izquierda: controlado contra 500 ohms de resistencia; Abajo derecha: controlado en vacío.



sido obviada por lo escaso del número de casos; baste como ejemplo que el enfermo de grado 4 presentaba una pérdida de aislación de unos 4-5 milímetros de longitud y de toda la circunferencia del electrodo, con diastasis de los extremos; mientras que los 8 casos de grado 1 se distribuyeron de la siguiente manera:

5 presentaban pérdida de aislación puntiforme en electrodos o adaptadores;

1 presentó esta alteración en forma fugaz durante un control, lo que no volvió a repetirse durante el resto del seguimiento.

1 no presentaba alteración visible, pero el chequeo del adaptador en banco de pruebas demostró su falencia;

Mientras que el restante paciente no fue controlado quirúrgicamente.

Otro tanto puede decirse para el elemento que permite la ubicación del defecto con respecto a su cercanía o lejanía del polo estimulador. Este parámetro (la tensión de salida), es mayor en la medida en que la zona no aislada se encuentre más cercana al generador, pero este elemento es variable también con la magnitud del defecto, que al adquirir importancia reduce el potencial de registro de la espiga.

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

En un trabajo anterior (3) se pudo demostrar experimentalmente que la introducción de un circuito capacitivo denominado "filtro pasa-bajos" provoca la aparición de una pendiente inicial lenta que prolonga el tiempo de aparición de la amplitud máxima, restando determinada área a la encerrada por la espiga normal.

Este tipo de circuito externo se produce cuando a dos conductores se interpone un elemento semiaislante.

Cuando se produce una falla de aislación en cualquier parte del sistema estimulador, y la corriente fluye a través del defecto, dos conductores (el electrodo estimulador junto al miocardio y la zona contactante con el tejido nivel de la falla) quedan separados por un elemento semiaislante (todos los tejidos interpuestos). De tal manera, la corriente no sólo fluye a través del circuito

resistivo común (electrodos - conexiones - interfase - miocardio) sino también en forma paralela a través del circuito capacitivo descrito, produciéndose una verdadera pérdida de energía del impulso entregado por el generador, lo que, incluso, puede llevar a la pérdida de estimulación; ello provoca un doble efecto: la aparición de la morfología patológica, y el cierre parásito del circuito a nivel del defecto. Esta última condición puede hacer que el generador bipolar funcione como "unipolar", al incrementarse la distancia que une ambos polos, ya que la rotura suele estar más alejada de la punta que el electrodo proximal (5).

De allí que, en términos generales, pueda decirse que la mayor área sustraída a la curva normal por el efecto capacitivo sea directamente proporcional a la magnitud de la capacitancia que lo provoca, y que, a su vez, ésta sea proporcional al tamaño del defecto en contacto con tejidos semiconductores.

Por otra parte, una mayor tensión de registro a nivel de los electrodos utilizados para el control, se correlaciona con un aumento de la distancia entre el electrodo distal y la zona lesionada, de manera que puede inferirse su cercanía a otro punto de referencia más útil para el cirujano, como lo es el generador.

Sin embargo, ambos elementos (magnitud del defecto y ubicación del mismo) se encuentran estrechamente relacionados, por cuanto la pérdida de corriente a nivel de la lesión impide que se manifieste en toda su amplitud el aumento de tensión de registro. Entonces, cuando el efecto capacitivo es de alto grado, no es dable esperar altas tensiones de registro, y los pequeños crecimientos en la misma son indicativos de cercanía del defecto al generador. Inversamente, efectos capacitivos pequeños, requieren que se acompañen de tensiones elevadas para que se diagnostique con acierto su ubicación en zona alejada del electrodo estimulador.

La frecuencia de aparición de este trastorno no ha demostrado ser muy baja, y es prácticamente la misma para electrodos Medtronic y ELA. Existen diferencias notables cuando se utiliza adaptadores, pero este

hecho parece estar relacionado no sólo con el uso de los mismos, sino con la antigüedad de los catéteres que fueron reparados en tal forma.

Al respecto, es interesante señalar que, a partir del 1er. año de uso, la frecuencia parece ser igual para todos los grupos, y que la ubicación del defecto fue en porcentajes similares para electrodos y adaptadores.

De cualquier manera, y siendo un elemento que puede observarse la mayoría de las veces, no nos parece conveniente utilizarlo indiscriminadamente, sin indicación precisa, por la facilidad con que producen los defectos señalados. En líneas generales, cuanto más conexiones y adaptaciones tenga el sistema, más posibilidades existen de pérdidas de corriente a esos niveles.

El único caso imputable a defecto de fabricación es el referido al generador. Se trataba de un marcapaso con cubierta de Titanio hermética que "cortocircuitaba" a nivel de la misma con el celular (figura 6), de manera que el polo positivo se encontraba en contacto permanente con el tejido, a través de la cápsula.

Esta falla ha demostrado ser notoriamente rara, pues nunca más volvimos a verla, pese a la gran cantidad de estos generadores por nosotros utilizados. En conclusión, y a modo de resumen, podemos decir que:

1) el efecto capacitivo sobre el patrón de diferenciación normal de la espiga del marcapasos se produce por la interposición de una capacitancia paralela.

2) esta capacitancia se gesta, en la clínica, cuando existe una pérdida de aislación del sistema.

3) el grado de magnitud del efecto capacitivo es proporcional al valor de la capacitancia interpuesta, y éste a su vez proporcional al tamaño del defecto.

4) el aumento de la tensión medida en los electrodos de registro se correlaciona con la cercanía del defecto al generador.

5) el funcionamiento "pseudo-unipolar" del sistema provoca la aparición de otros fenómenos con cierta frecuencia, como la polarización de la zona aislada defectuosamente.

6) los efectos capacitivos son relativamente frecuentes en marcapasos implantados, especialmente a nivel de adaptadores y conectores, y en electrodos antiguos.

7) las pérdidas de aislación importantes pueden producir tal fuga de corriente, que se pierda la capacidad de estimulación.

8) por ello, resulta de la mayor importancia el control seriado de los portadores, a fin de determinar la oportunidad de su exploración quirúrgica.

9) el único método actualmente disponible, capaz de detectar esta alteración y valorarla adecuadamente, es la osciloscopia de alta velocidad.

## CAPACITIVE EFFECTS OF PACEMAKER SPIKE FORM

### SUMMARY

*228 paced patients checked-up by high-speed photoanalysis capacitive effects were seen in 17 of them (percentage 7.4).*

*These effects were related with broken insulation in lead system, and its degrees compared with the failure size.*

*Thus, can be predicted the defect size by the capacitive effect degree that photoanalysis shows, and its location buy the increase in the recorded voltage. Finally, we can say that the spike form is the elemental that allowe us a correct diagnossi in this kind of failure.*

### BIBLIOGRAFIA

1. Knuckey, L.; Mc Donald, R.; Sloman, G.: A method of testing implanted pacemaker. Brit. Heart J., 27: 483, 1965
2. Lozada (h), B.; Dussaut (h), A.; Constanzo, M.: Utilización de un analizador osciloscópico de espiga y computadora digital en el control de marcapasos implantados. X Congreso Argentino de Cardiología. Mar del Plata, 1973.
3. Lozada (h), B.; Dussaut (h), A.: Variaciones en la morfología del artefacto de estimulación del marcapaso. Rev. Arg. de Cardiología, 42: 428, 1974.
4. Thalen, N. J.; Berg, J. W. Van Deu: Photoanalysis of electrode function. Proc. Conf. Advances in Cardiac Pacemakers. New York Ac. Sc., 1968.
5. Thalen, H. J.; Berg, J. N. Van Deu; Horman, Van Der; Heide, J. N.; Nievsen, J.: The artificial Cardiac pacemaker. Holanda, 1970. Royal Van Gorcum Editores.