

# Registro del Potencial de Acción Monofásico Auricular y Ventricular Derecho en el Corazón Humano

Dres.: G. MOUZO, J. SUAREZ, A. GINIGER, M. GUTMAN, A. LAPUENTE y R. POSSE

Centro Nacional de Arritmias Cardíacas - Servicio de Cardiología - Hospital Prof. Dr. Mariano R. Castex - Buenos Aires - Argentina

## RESUMEN

*Para estudiar la actividad celular del corazón humano, in vivo, se obtienen registros de potenciales de acción monofásicos (PAM) auricular y ventricular derecho en 20 pacientes. Para ello se utiliza un catéter tripolar de succión endocárdica, de diseño propio.*

*Se estudia el PAM luego del marcapaseo a distintas frecuencias y luego de la administración endovenosa de distintas drogas (Atropina, Isoproterenol, Mexiletina, Ajmalina).*

*El PAM tiene un morfología semejante y una duración igual al potencial de acción de transmembrana respectivo. Se distinguen las fases 0 a 4. Su duración está en relación con la duración de ciclo previo y varía por acción de las drogas mencionadas anteriormente.*

*Mediante estos registros se estudian: la conducción, la repolarización total auricular y ventricular, el comportamiento de la refractariedad y mecanismo de acción de drogas antiarrítmicas.*

El electrocardiograma, el vectocardiograma y las derivaciones endocavitarias sólo dan una idea global de la repolarización ventricular y permiten el análisis limitado de la recuperación auricular, sin brindar información sobre los fenómenos eléctricos locales. Dado que la conducción y la refractariedad están relacionadas con el proceso de repolarización de las células miocárdicas y su conocimiento es de suma importancia para explicar la génesis de distintas arritmias y el mecanismo de acción de las drogas antiarrítmicas, se hace necesario un método que permita evaluarlas en el corazón humano in situ.

El registro del potencial de acción de transmembrana de distintas regiones del corazón, por medio de microelectrodos intracelulares, in vitro, brinda una información

precisa sobre los acontecimientos electrofisiológicos básicos de las células aisladas. Gracias a esta técnica se han explicado hallazgos electrocardiográficos normales y anormales por cambios en el potencial de acción de células aisladas, pero es difícil de aplicar en el hombre, aún durante cirugía cardíaca.

La utilización de un electrodo de succión permite el registro del potencial de acción monofásico (PAM) en el corazón in situ (1, 2, 4, 6, 7) Estudios en corazones de conejos aislados (1) han demostrado que los PAM registrados con electrodos de succión tienen igual forma y duración que los potenciales de transmembrana registrados por microelectrodos intracelulares. Esto sugiere que el PAM del corazón humano puede corresponder en forma y duración al potencial de acción de transmembrana.

Para abordar el estudio de la actividad celular del corazón in vivo, en el hombre, se hicieron registros del PAM auricular y ventricular derechos en 2 pacientes estudiados electrofisiológicamente. Por el presente trabajo se da a conocer el método por el cual se obtienen dichos registros y los alcances de la aplicación de esta técnica.

## MATERIAL Y METODOS

El catéter utilizado es un catéter tripolar hueco, 7F, radiopaco. Consta de un electrodo proximal de platino a 10 cm de dos electrodos distales separados 0,5 mm entre sí, uno periférico de platino y otro central, filamento de Elgiloy (cromo, níquel, cobalto, molibdeno) que corre a lo largo de la luz del catéter (Fig. 1). Se pueden obtener derivaciones bipolares entre el electrodo central y

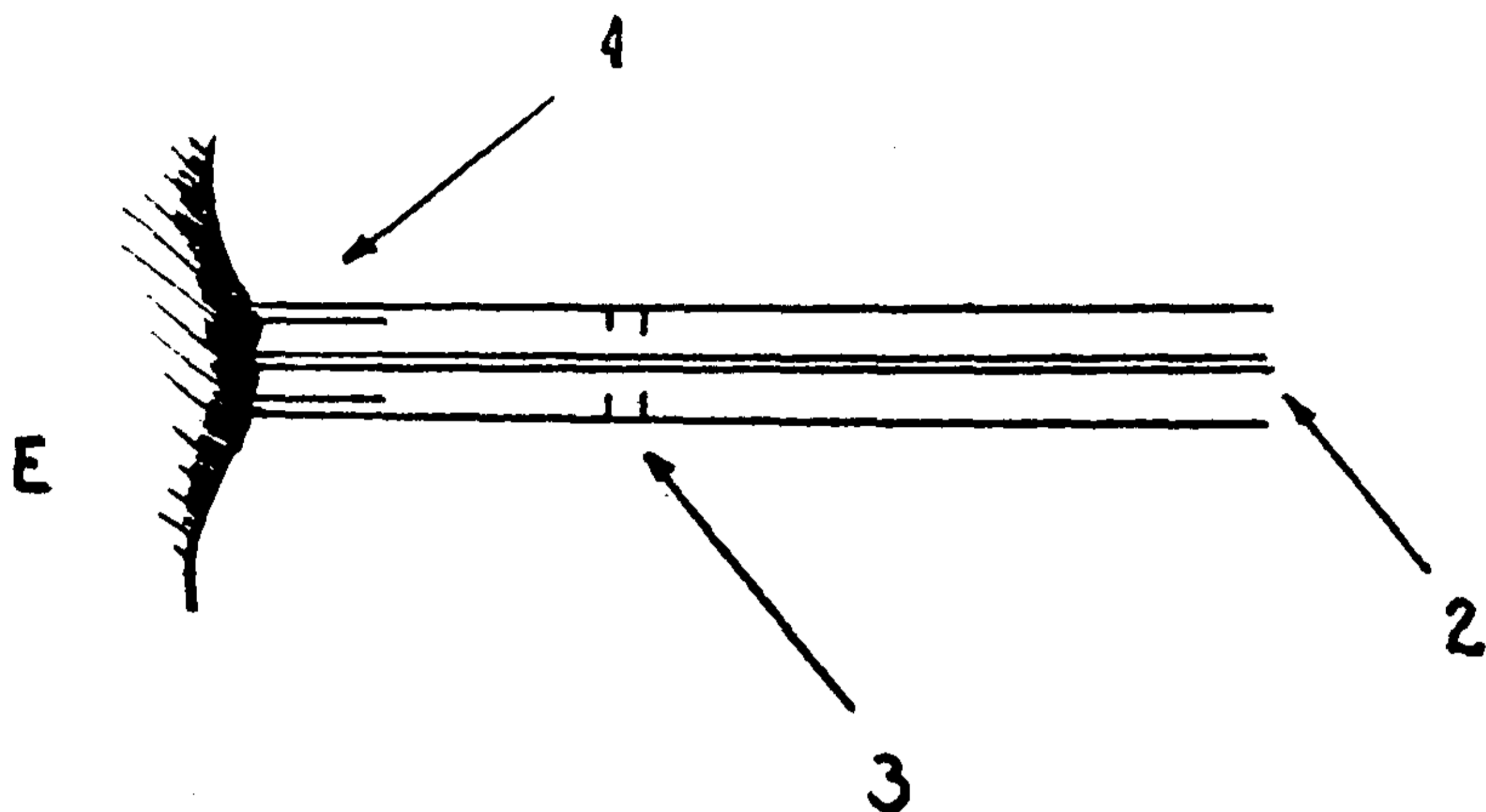


Figura N° 1: Extremo distal del catéter de succión. 1: electrodo periférico-distal; 2: electrodo central de Elgiloy; 3: electrodo periférico proximal; E: pared endocárdica

los electrodos periféricos (para el registro del PAM) y entre los electrodos periféricos proximal y distal para el registro endocavitario de vecindad. La luz del catéter permite realizar una presión negativa contra la pared endocárdica y por otra parte permite la perfusión con solución salina heparinizada por medio de una llave de tres vías.

El catéter es introducido por punción de la vena femoral y ubicado en aurícula derecha o ventrículo derecho por control radioscópico. Se ubica con el extremo hacia el endocardio registrándose el electrocardiograma endocavitario. Al realizar una suave presión contra la pared se obtiene el registro

del PAM. La succión permite aumentar el voltaje del PAM, estabilizar la línea de base y disminuir los artificios electrocardiográficos que pudieran registrarse. El PAM se registra continuamente durante algunos segundos. Se interrumpe la succión entre los registros.

En la mayoría de los pacientes se ubicó un catéter Damato hexapolar, a través de la válvula tricúspide, de acuerdo a la técnica descrita por Sherlag. Esto permite registrar la actividad ventricular derecha baja, el electrograma del haz de His y estimular el tracto de entrada del ventrículo derecho. En algunos pacientes se ubicó un catéter Casti-

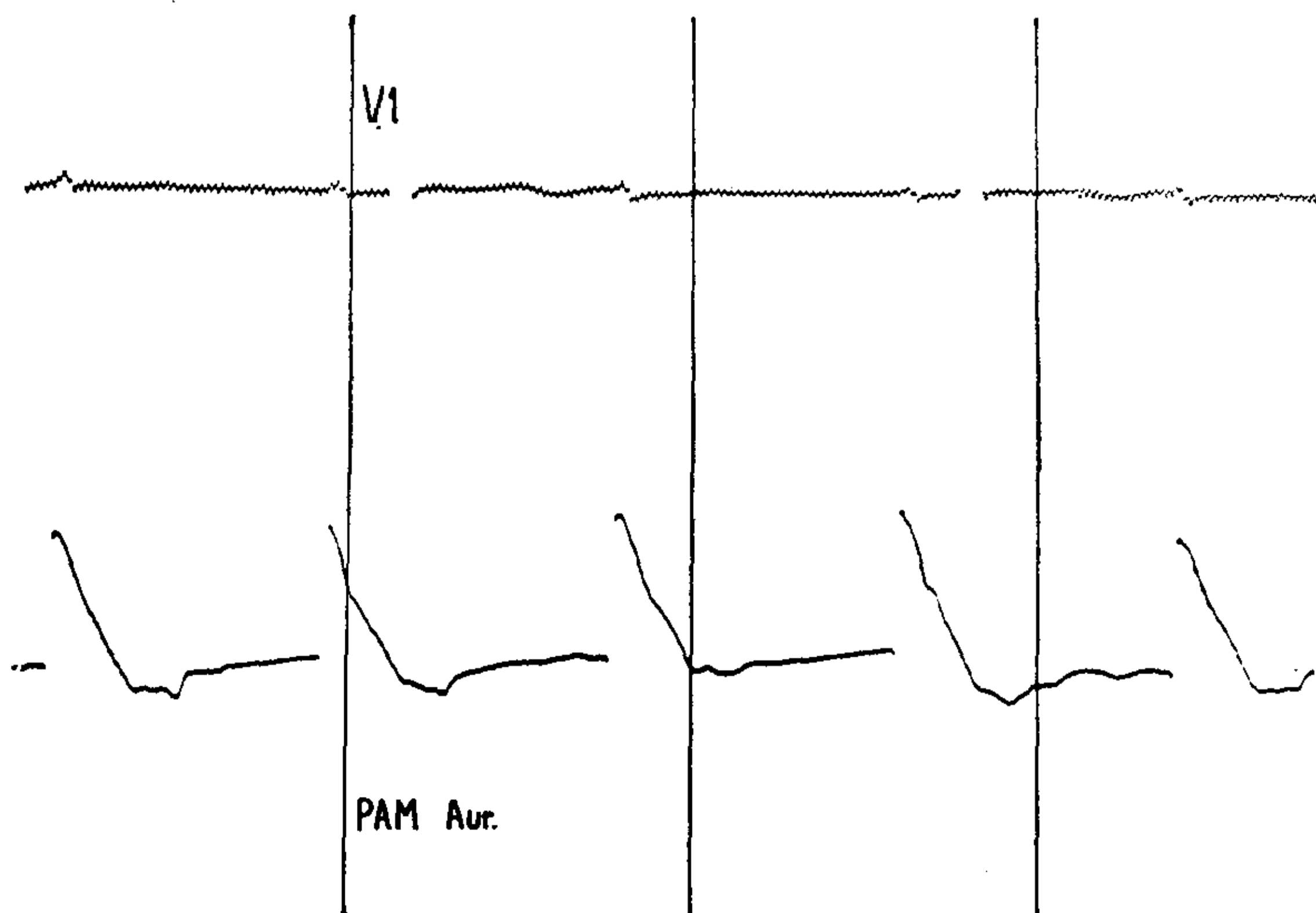


Figura N° 2: Potencial de acción monofásico auricular en un paciente con ritmo sinusal y bloqueo A-V 2-1

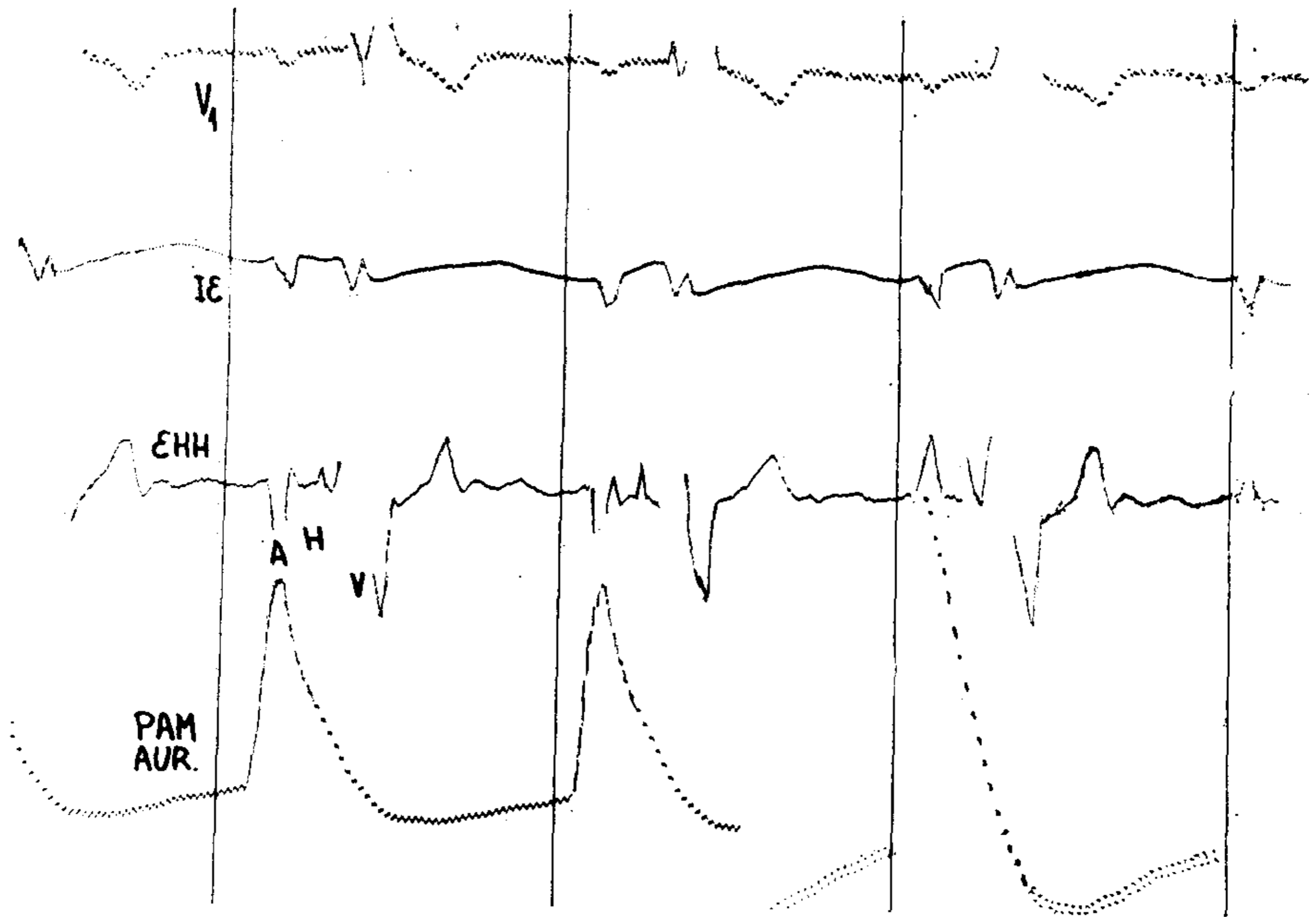


Figura N° 3: Potencial de acción monofásico auricular en paciente con ritmo sinusal y bloqueo completo de rama derecha. IE: Registro intraesofágico; EHH: Electrograma del haz de His

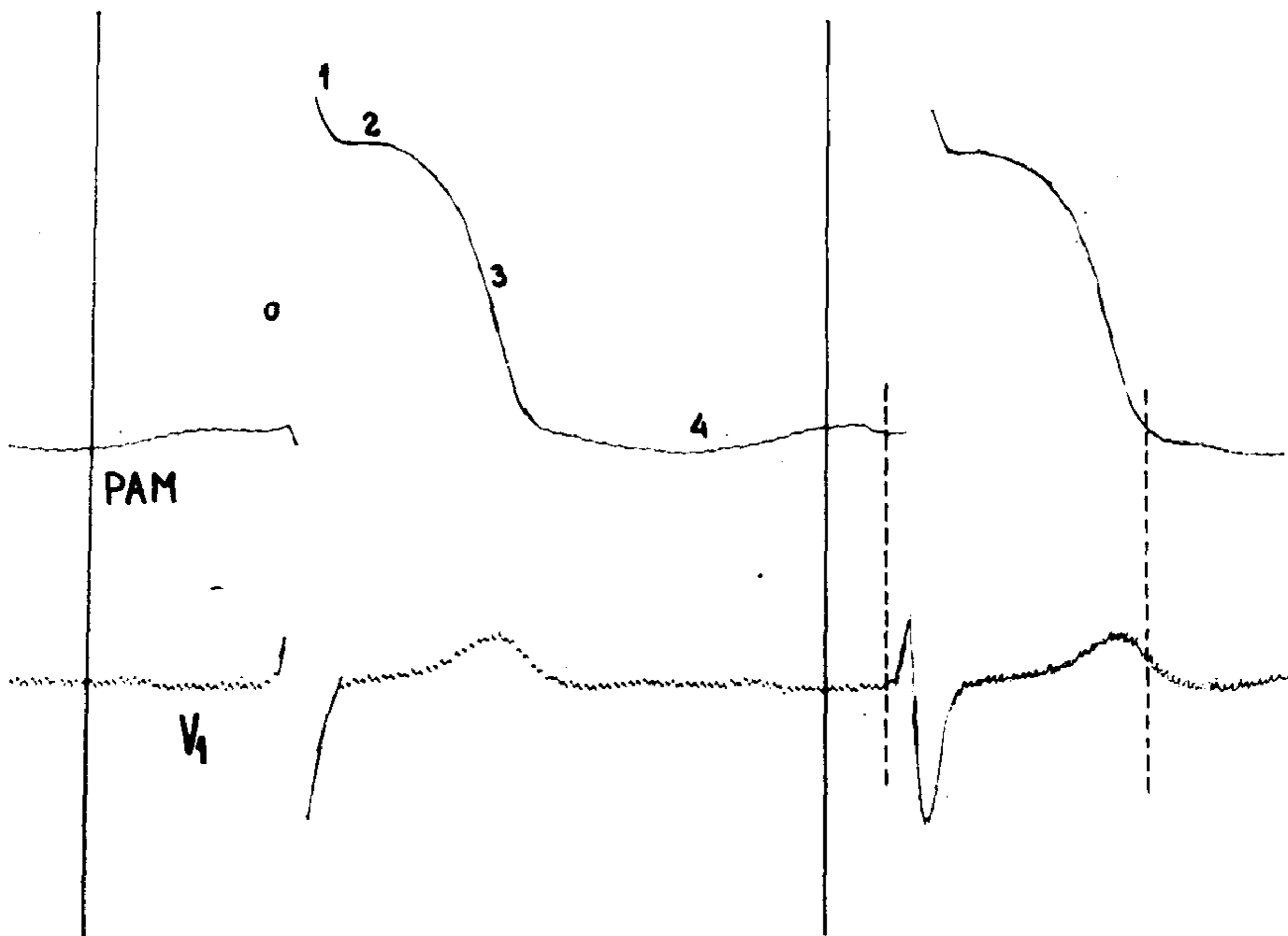


Figura N° 4: Potencial de acción monofásico ventricular. Sus distintas fases

llo tripolar, a nivel de la desembocadura de la vena cava en aurícula derecha, lo que permite registrar en forma bipolar y estimular en forma unipolar aurícula derecha alta.

Un catéter Medtronic 5818 se ubica por vía intraesofágica para registro bipolar auricular izquierdo.

Para la estimulación cardíaca se utilizó un doble estimulador Medtronic 5837. Los registros se obtuvieron, a través de una caja selectora dexapolar Elecath de tres canales, en un polígrafo Sanborn 550 M, en forma fotográfica a velocidades de 50, 100 y 200 mm/seg.

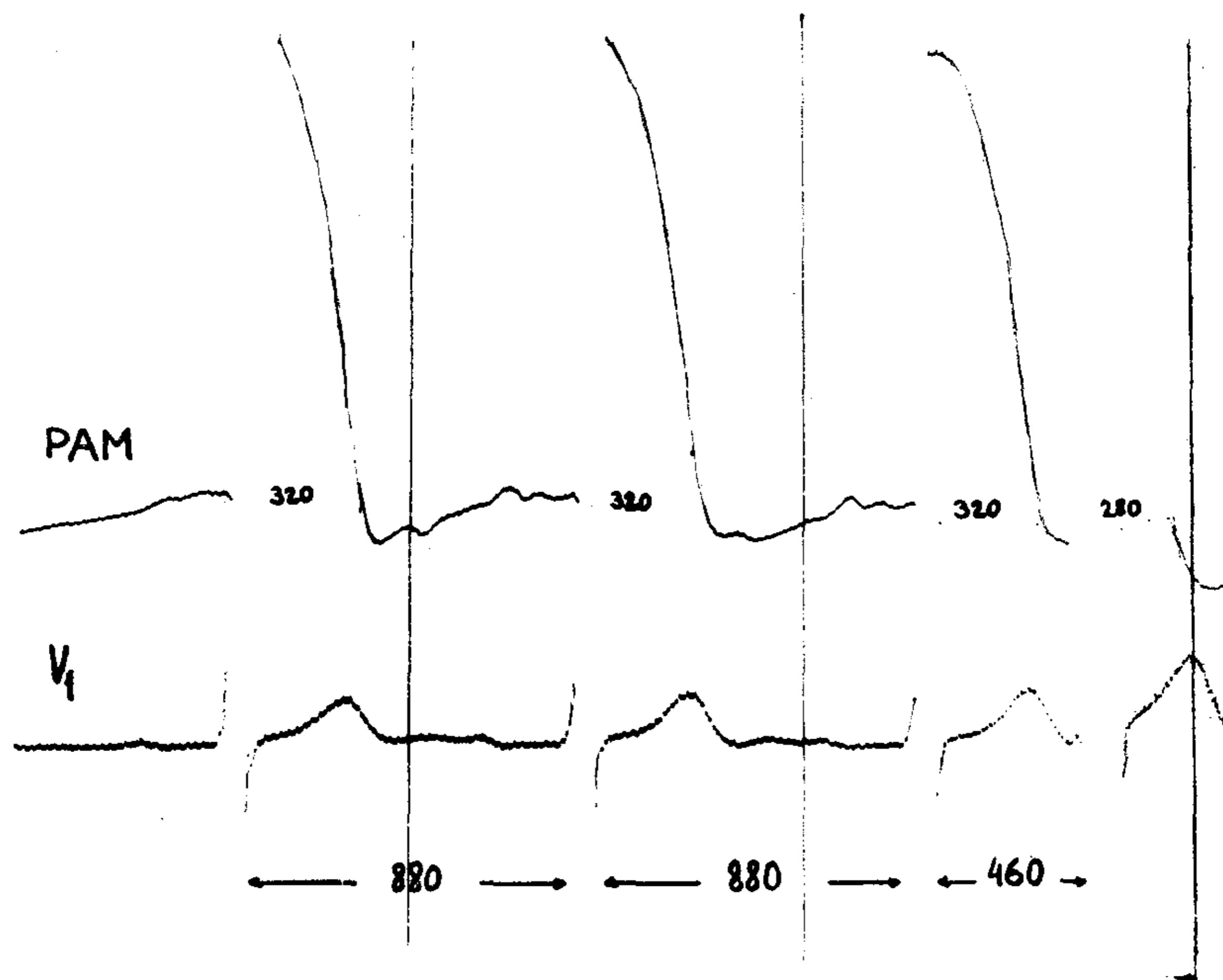


Figura N° 5: Modificaciones de la duración del potencial de acción monofásico por variaciones en la duración del ciclo previo. Se observa que al acortarse el ciclo previo cardíaco, disminuye la duración del potencial de acción monofásico

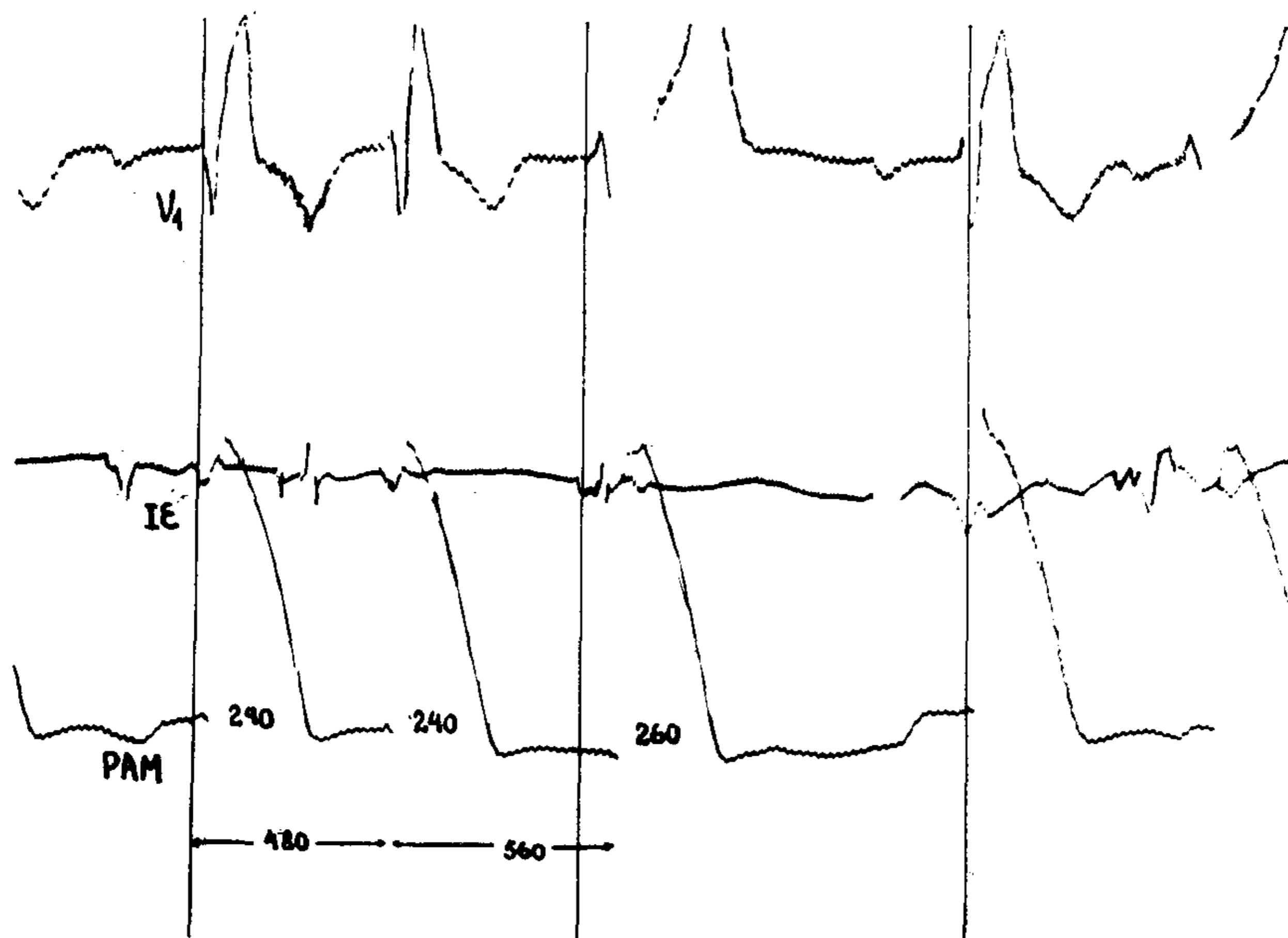


Figura N° 6: Se observa que al aumentar la duración del ciclo previo, se prolonga la duración del potencial de acción monofásico

Simultáneamente se registraron dos derivaciones periféricas D2 o D3 y V1 o V6. Se estudió el PAM luego del marcapaseo a distintas frecuencias y luego de la administración endovenosa de distintas drogas, seleccionadas de acuerdo a la patología del pa-

ciente. Se utilizaron atropina, isoproterenol, bloqueantes cálcicos, mexiletine, ajmalina.

El PAM fue considerado técnicamente satisfactorio cuando semejaba al registro del potencial de acción transmembra y no había artificios electrocardiográficos sobrepuestos.

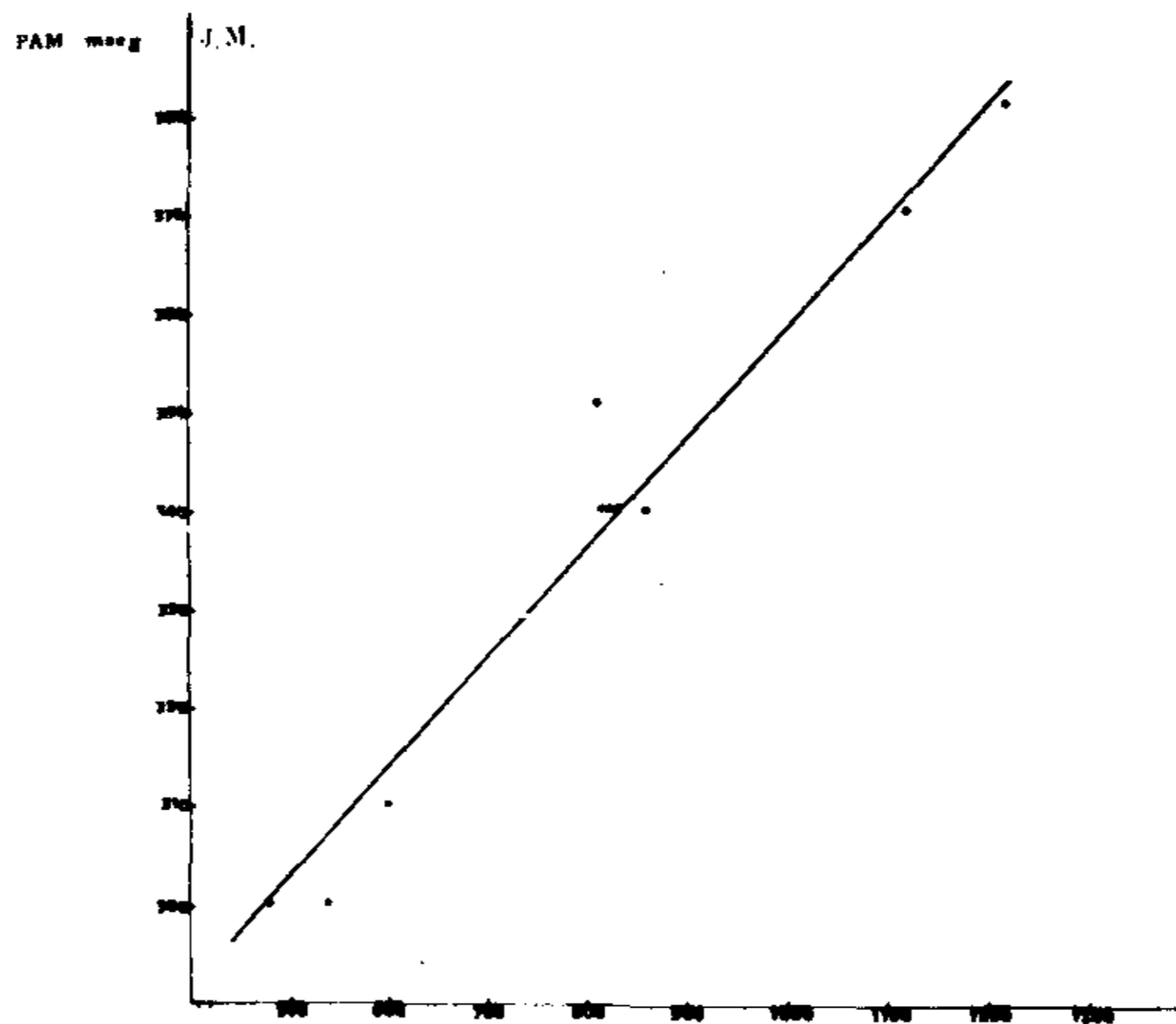


Figura N° 7: Relación entre la duración del potencial de acción monofásico ventricular y la duración del ciclo previo, hallada por el método de los cuadrados mínimos

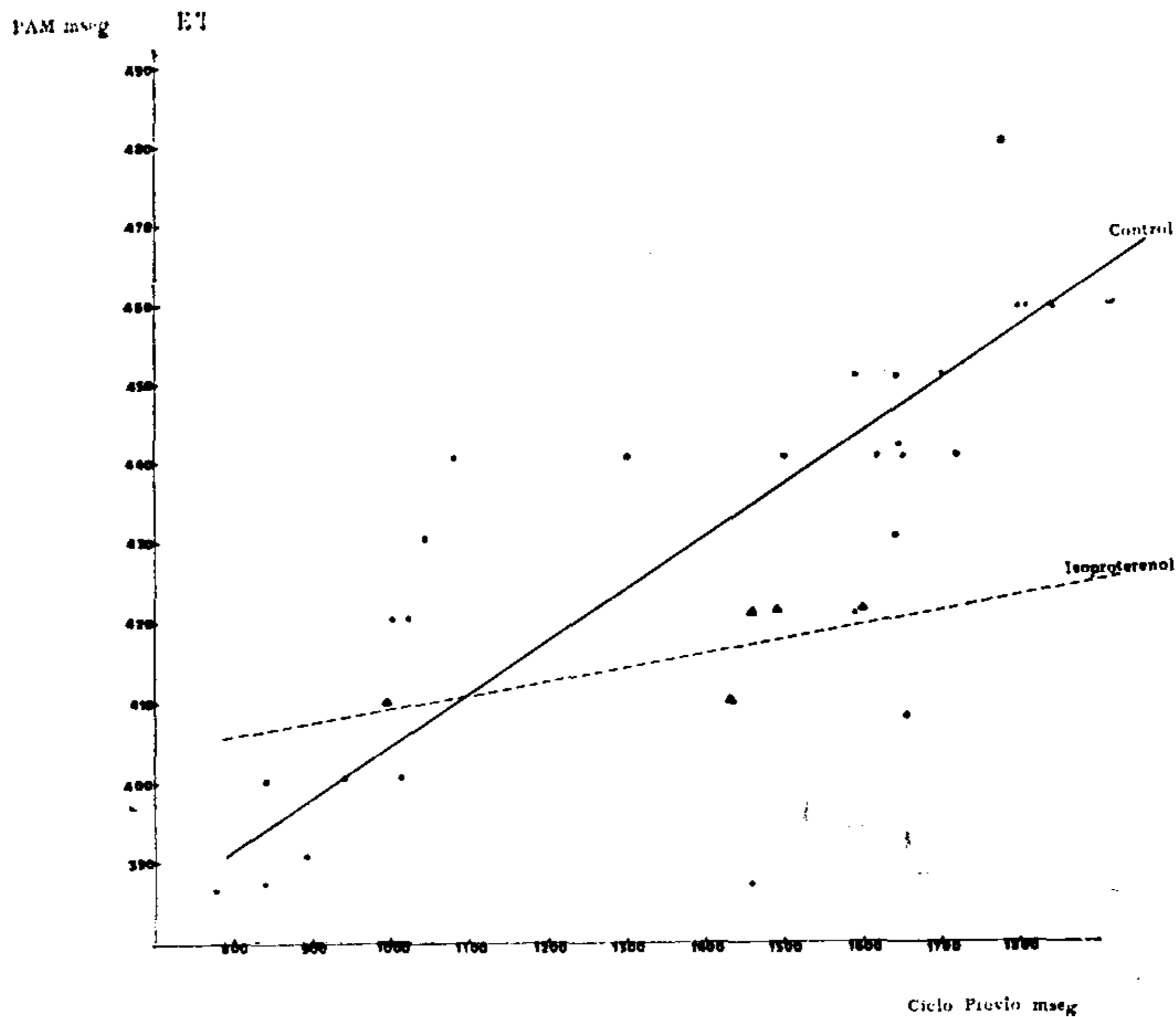


Figura N° 8: Relación entre la duración del potencial de acción monofásico ventricular y la duración del ciclo previo. Modificación luego de la administración de isoproterenol

## RESULTADOS

El PAM auricular (Fig. 2 y Fig. 3) presenta una forma triangular. La iniciación de la fase 0 puede ser identificada fácilmente y coincide con la activación de la aurícula derecha, las fases 1-2 son difíciles de individualizar y tiene una fase 3 preponderante.

El PAM ventricular (Fig. 4) muestra una morfología con plateau característica. Se pueden individualizar claramente las fases 0, 1, 2, 3, y 4. La iniciación de la fase 0 ocurre pocos milisegundos luego del comienzo del QRS. En general no puede individuali-

zarse la iniciación de la fase 2. El PAM termina antes o junto con el final de la onda T.

Es necesario buscar la ubicación ideal del catéter electrodo para evitar los artificios producidos por el ingreso de diferencias de potencial de áreas vecinas.

La duración del PAM fue medida desde el comienzo del ascenso de la fase 0 hasta el fin de la fase 3. Depende de la duración del ciclo precedente. Esto se manifiesta por cambios en las fases 2 y 3 (Fig. 5 y Fig. 6). En la Fig. 5 se observa el registro del PAM ventricular: tiene una duración de 320 mseg,



con un ciclo precedente de 880 mseg. En una extrasístole, originada en un ventrículo derecho por la morfología del QRS, vemos que al acortarse el ciclo previo a 460 mseg la duración del PAM es de 280 mseg. Además observamos que la iniciación de la fase 0 casi coincide con el inicio del QRS y que se alargó el tiempo entre el fin del PAM y el fin de la onda T.

En 12 pacientes se halló la relación entre duración del ciclo previo y la duración del PAM, por el método de los cuadrados mínimos, encontrándose una relación lineal. La representación gráfica de esa relación se observa en la Fig. 7. En los pacientes a los cuales se les suministró droga, se repitieron luego las mediciones. Se comprobó, en general, una modificación de la relación respecto al control. (Fig. 8)

Durante el marcapaseo auricular o ventricular se midió el tiempo desde la espiga hasta la iniciación del PAM y las modificaciones que en él producen las drogas utilizadas.

## DISCUSION

Previo a la introducción de los microelectrodos intracelulares, todos los intentos de registrar variaciones de potencial a través de las membranas de las células miocárdicas, usaban derivaciones en las cuales uno de los electrodos estaba en contacto con una parte del corazón donde las membranas celulares estaban injuriadas. Esto puede provocarse y reproducirse más fácilmente por medio de electrodos de succión.

Hecht (17), estudió la relación entre los potenciales de injuria y los potenciales de transmembrana. Calculó qué amplitud de los potenciales de injuria debía ser menor por corto circuitos locales. Enfatizó que las conclusiones basadas en injuria deben ser aceptadas con precaución, aunque demostró que los potenciales de injuria reflejan muchas de las características de los registros intracelulares.

La corriente de lesión creada por el electrodo de succión es estrictamente local, no siendo detectada por electrodos situados a algunas milímetros de distancia. (1, 8)

El principio del electrodo de succión es que una pequeña cantidad de células miocárdicas son forzadas a establecer contacto con el electrodo de registro, por efecto combinado de la presión y la isquemia resultante, la membrana de esas células

es parcialmente despolarizada y no excitable. El electrodo en contacto con estas células registra el potencial a través de las membranas de la porción normal de miocardio adyacente, reducido por efecto de cortocircuitos del líquido extracelular (1, 6) Por ello el potencial registrado aún inmediatamente luego de la aplicación de la succión es sólo una fracción del verdadero potencial de transmembrana. Otro factor que tiende a reducir el voltaje del PAM a medida que transcurre el tiempo, es la despolarización gradual de las membranas de las células normales en la vecindad del electrodo de succión. (1)

La injuria provocada por la succión es reversible y desaparece gradualmente retornando a la normalidad si la succión no se prolonga más allá de algunos minutos. Aun con succión continua hay un retorno parcial a la normalidad. (1, 4, 8)

Distintos investigadores obtuvieron registros del PAM del corazón humano. (2, 4, 8, 7, 12)

Las características del catéter utilizado ofrecen como ventaja el permitir el registro bipolar, para la obtención del PAM, entre el electrodo central y los electrodos periféricos. Al estar estos electrodos muy cerca entre sí se eliminan la mayoría de los artificios electrocardiográficos que pueden registrarse. (1, 7) Al mismo tiempo permite el registro bipolar endocavitario de vecindad, entre los electrodos periféricos controlando que el electrodo de referencia no registre corriente de injuria.

El PAM recogido del corazón humano refleja la forma y duración del potencial de acción de transmembrana (PAT) en el sitio de registro. (1, 4, 8) La duración del segmento ST refleja la duración de la fase 2 y la onda T refleja los cambios en la fase 3. La administración de calcio, digital o alteraciones de la frecuencia cardíaca producen iguales variaciones en el PAM y el PAT. (1, 4, 6, 8, 9, 14)

El PAM tiene menor amplitud que el PAT y no da información sobre el potencial de reposo o la velocidad de ascenso de la fase 0. (1, 4, 7, 8)

El PAM refleja la duración del PAT y representa la repolarización auricular y ventricular con fidelidad, permitiendo deducir la duración de los períodos refractarios en el sitio de registro. (1, 4, 7, 8)

Es posible recoger pequeñas diferencias en la duración del PAM desde distintos pun-

tos de una misma cavidad, demostrando un ligero asincronismo fisiológico en la recuperación de la excitabilidad del endocardio auricular y ventricular. (9, 10, 13, 14)

El PAM puede ser útil para estimar diferencias entre los períodos refractarios de distintas áreas del corazón, especialmente cuando la secuencia y duración de la activación son anormales.

Modificaciones críticas de la refractariedad del músculo auricular juegan un rol importante en el comienzo y cesación del aleteo y la fibrilación auriculares. Un corto período refractario aumenta la vulnerabilidad auricular y facilita la reentrada. (15, 15) Olsson demostró que la duración del PAM auricular tiene valor pronóstico para el mantenimiento del ritmo sinusal, en pacientes que tenían fibrilación auricular y revirtieron por choque eléctrico. Los pacientes que tenían una duración del PAM inferior a un valor crítico recayeron en la fibrilación auricular antes de los tres meses. (3, 11) Esto implica a la vez una indicación terapéutica. (18) utilizando para el mantenimiento del ritmo sinusal drogas que alarguen la duración del PAT (clase 3 de la clasificación de Vaughan Williams).

Extrasístoles ventriculares idénticas aparentemente pueden desencadenar o no arritmias ventriculares repetitivas. El PAM sirve para estudiar las características de la repolarización de las extrasístoles ventriculares y su modificación por drogas antiarrítmicas. (5, 16, 18)

El comienzo de la fase 0 corresponde con exactitud al arribo de la excitación al electrodo explorador, (1, 4, 7, 8) como lo indican estudios con microelectrodos intracelulares adyacentes. (1) Su duración es mayor que la correspondiente al potencial intracelular y está influida por el número de células que entran en su génesis. (1, 4, 5, 7, 8)

Por la exploración del PAM desde distintos lugares del corazón puede estudiarse la propagación de la excitación en las aurículas (tiempo P-iniciación fase 0) y en los ventrículos (tiempo QRS-iniciación fase 0) realizando mapeos endocárdicos.

La medición del tiempo espiga-PAM nos brinda información sobre la conducción desde el lugar de estimulación hasta el sitio de registro y su modificación con distintas drogas nos informa sobre la acción que ellas tienen en la conducción auricular y ventricular.

En conclusión se trata de un método ino-

cuo que nos permite investigar en el hombre la actividad de las células miocárdicas. Su aplicación es útil en el estudio de los trastornos de la conducción y alteración de los períodos refractarios y en el estudio de las arritmias y del mecanismo de acción de las drogas antiarrítmicas.

## SUMMARY

### RECORDING OF RIGHT ATRIAL AND VENTRICULAR MONOPHASIC ACTION POTENTIALS IN HUMAN HEARTS

*Recordings of the monophasic action potentials (MAP) of right atrium and ventricle are performed in 20 patients to study the "in vivo" cellular activity of the human heart. A tripolar endocardial suction catheter designed by the authors is employed.*

*MAP is analyzed after pacing at different rates and after the intravenous administration of several drugs (atropine, isoproterenol, mexiletine, ajmaline).*

*The MAP has similar morphology and similar duration if compared to corresponding Transmembrane action potential. Phases 0 to 4 are identified, their duration is related to the length of the previous cycle and is modified by the aforementioned drugs.*

*Through these recording we study: the conduction the total atrial and ventricular repolarization, the refractory properties and the mechanism of action of antiarrhythmic drugs.*

## BIBLIOGRAFIA

1. Hoffman, B. F.; Cranefield, P. F.; Lepeshkyn, E.; Surawicz, B. y Herrlich, H.: Comparison of cardiac monophasic action potentials recorded by intracellular and suction electrodes. *Am. J. Physiol.* 196: 1297, 1959.
2. Korsgren, M.; Leskinen, E.; Sjöstrand, U.; Varnauskas, E.: Intracardiac recording of monophasic action potentials in the human heart. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 18: 561, 1966.
3. Olsson, S. B.: Recording of monophasic action potentials in the study of atrial dysrhythmias. *Giorn. It. Card.* 2: 141, 1972.
4. Shabetai, R.; Surawicz, B. y Hammill, W.: Monophasic action potentials in man. *Circ.* 38: 341, 1968.
5. Harper, R. y Olsson, S. B.: The use of monophasic action potentials in the in vivo assessment of antiarrhythmic agents. *Advances in the management of arrhythmias* edited by DT Kelly pag. 336, 1978.
6. Churney, L.; Ohshima, H.: An improved suction electrode for recording from the dog heart in situ. *J. Appl. Physiol.* 19: 793, 1964.
7. Olsson, S. B.; Varnauskas, E. y Kursgren, M.: Further improved method for measuring monophasic action potentials of the intact heart. *J. Electrocardiol.* 4: 19, 1971.
8. Puech, P.; Cabasson, J.; Latour, H.; Grolleau, R.; Baissus, C. y Mellet, J. M.: Etude des potentiels d'action monophasiques du myocarde par voie endocavitare. *Arch. Mal. Coeur*, 67: 1117, 1974.

9. Olsson, S. B. y Varnauskas, E.: Monophasic action potentials from intact human heart. Effect of different heart rates. *Circ.* 40: III, 157, 1959.
10. Olsson, S. B. y Varnauskas, E.: Right ventricular monophasic action potentials in man. *Acta Med. Scand.* 191: 159, 1972.
11. Olsson, S. B.; Cotoi, S. y Varnauskas, E.: Monophasic action potentials and sinus rhythm stability after conversion of atrial fibrillation. *Acta Med. Scand.* 190: 381, 1971.
12. Dower, G. E.; Ziegler, W. G.; Geddes, M. A. y Osborne, J. A.: Depolarizing-electrode monophasic curves and myocardial infarction ST shift. *Am. J. Physiol.* 202: 35, 1962.
13. Olsson, S. B.: Monophasic action potentials from right atrial muscle recorded during heart catheterization. *Acta Med. Scand.* 190: 369, 1971.
14. Olsson, S. B.: Right ventricular monophasic action potentials during regular rhythm. *Acta Med. Scand.* 191: 145, 1972.
15. Gavrilescu, S.; Cotoi, S. y Pop, T.: Monophasic action potential of the right atrium in paroxysmal atrial flutter and fibrillation. *Brit. Heart J.* 35: 585, 1973.
16. Olsson, S. B. y Harper, R. W.: Mexiletine effect on monophasic action potential (MAP) of right ventricle in man. *Acta Med. Scand. Suppl.* 615: 93, 1977.
17. Hecht, H.: Normal and abnormal transmembrana potentials of the spontaneously beating heart. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 65: 700, 1957.
18. Olsson, S. B.; Brorson, L. y Varnauskas, E.: Class 3 antiarrhythmic action in man. *Brit. Heart J.* 35: 1255, 1973.

## **Centrocolor Laboratorio Profesional**

**BARTOLOME MITRE 1241 P.B. "A" - BUENOS AIRES - 35-6810**

*Inaugura su Dpto. de fotografía aplicada para todos los profesionales del país.*

Reproducciones en slides color y blanco negro en 35 mm. de sus ilustraciones, libros, gráficos, diagramas, electros, radiografías, etc., para audiovisuales, conferencias, clases o proyecciones en gral.

Ofrecemos resultados fototécnicos óptimos con la calidad más alta y uniforme a precios razonables.

Además atendemos fotografía publicitaria para laboratorios medicinales.

Horario 10.30 a 20 hs.