

Medida del tiempo y velocidad de conducción interventriculares en el corazón humano

POR LOS DRES. ISAAC J. BEIN, RUBEN A. POSSE, ROBINSON E. D'AIUTOLO Y SR. CEFIRO MONTENERO

Las parasistolias ventriculares proveen una fuente de información importante para el estudio del proceso de conducción del impulso cardíaco en el corazón humano¹.

Las parasistolias artificiales por implantación de un marcapaso y con persistencia o recuperación de un ritmo automático espontáneo, han permitido la determinación de tiempos de conducción intra o interventriculares, según que la activación natural se inicie en el mismo ventrículo, o en el opuesto al lugar de estimulación del marcapaso^{2, 3, 4, 5}.

Cuando la parasistolia es debida a dos focos de estimulación artificial el conocimiento preciso de la magnitud, momento y lugar de aplicación de los estímulos, permite medir no solo el tiempo de conducción entre ellos, sino también la distancia que los separa, posibilitando de este modo el cálculo de la velocidad de conducción^{6, 7}.

Cuando los electrodos de estimulación están ubicados, uno sobre el ventrículo izquierdo y el otro en ventrículo derecho, pueden determinarse el tiempo y la velocidad de conducción interventriculares.

METODOS

Las técnicas de estimulación de ambos ventrículos y los métodos de registro

electrocardiográfico han sido descritos en una comunicación anterior.¹¹

Los tiempos de conducción interventricular se han determinado mediante el estudio de los complejos de suma ventricular originados por la interferencia recíproca de ambos procesos de despolarización. Cuando la despolarización iniciada por un estímulo alcanza el lugar de aplicación del otro marcapaso antes de que éste se descargue, dicha zona entra en estado refractario y hace que el segundo estímulo sea ineficaz. Cuando el segundo estímulo se produce antes de que la onda de despolarización determinada por el primero llegue a su lugar de aplicación, se producen distintos grados de suma.

El intervalo más largo entre ambos estímulos en que todavía se produce suma ventricular se denomina "límite de suma" y expresa el tiempo de conducción de la despolarización ventricular entre los lugares de aplicación de los dos estímulos.

La distancia entre ambos electrodos fue determinada mediante telerradiografías de tórax de frente y perfil, obtenidas teniendo especial cuidado de que el paciente se encuentre en la misma posi-

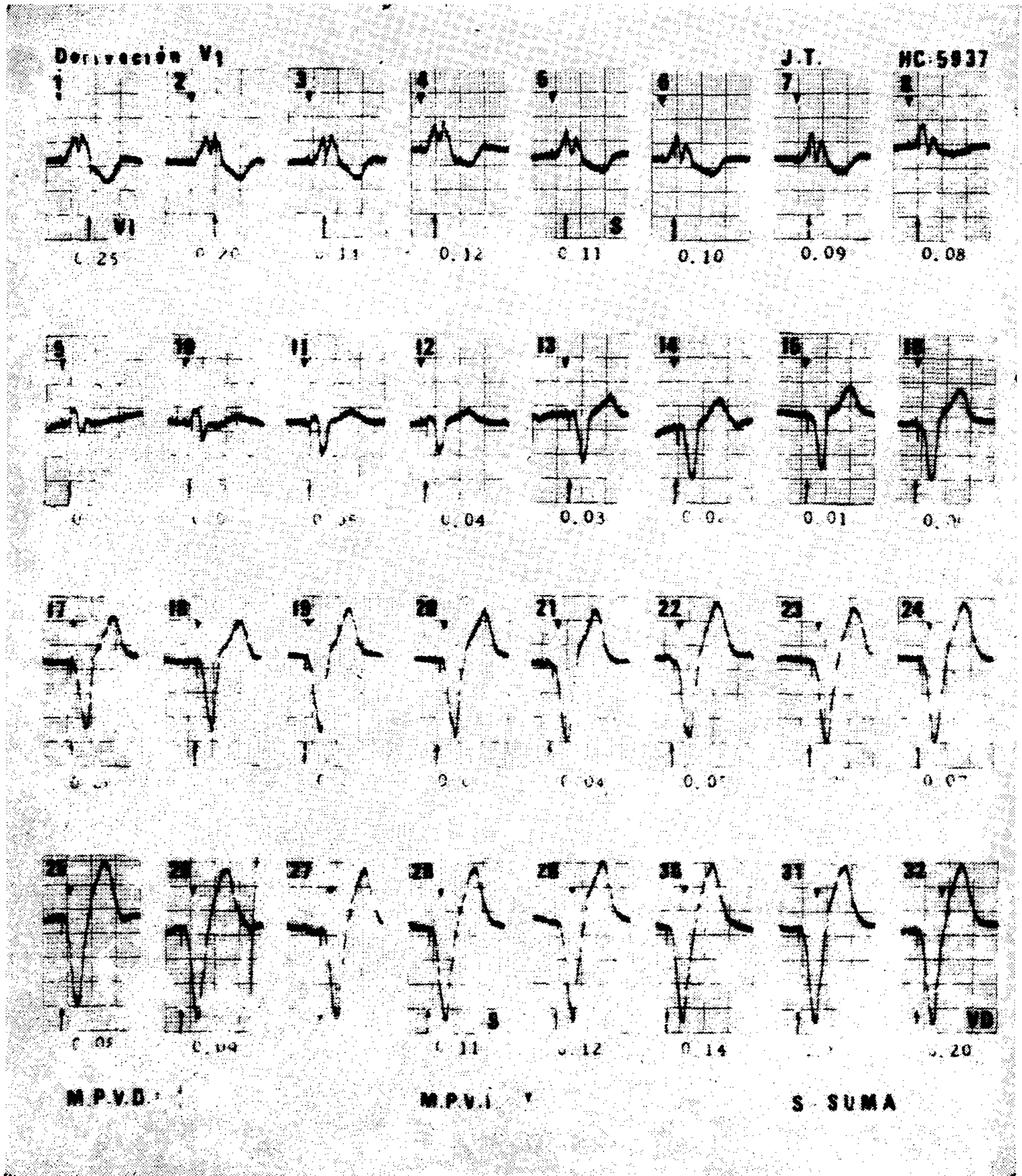


Figura 1

ción y en el mismo momento del ciclo respiratorio (Fig. 2). El cálculo de la distancia se efectuó mediante el análisis de los triángulos definidos en cada radiografía por: a) la recta que une ambos electrodos (\overline{AC} y \overline{AD}); b) la horizontal que pasa por el electrodo inferior (\overline{OC} y \overline{OD}) y c) la perpendicular a ésta que pasa por el electrodo superior (\overline{AO}). Estos dos triángulos perpendiculares entre sí (frontal y sagital) tienen en común el lado vertical (\overline{AO}), lo que permite la construcción geométrica de una pirámide cuadrangular irregular cuya arista

(\overline{AB}) es la distancia lineal real entre ambos electrodos. (Fig. N° 3).

La resolución analítica de la distancia interelectrodo \overline{AB} se encuentra del siguiente modo:

$$\text{En } \hat{A}OB: \overline{AB}^2 = \overline{OA}^2 + \overline{OB}^2 \quad (1);$$

$$\text{en } \hat{B}OD: \overline{OB}^2 = \overline{OD}^2 + \overline{BD}^2 \quad (2)$$

$$\text{en } \hat{A}OD: \overline{AD}^2 = \overline{OA}^2 + \overline{OD}^2 \quad \therefore$$

$$\therefore \overline{OD}^2 = \overline{AD}^2 - \overline{OA}^2$$

$$\text{en } \hat{A}OC: \overline{AC}^2 = \overline{OA}^2 + \overline{OC}^2 \quad \therefore$$

$$\therefore \overline{OC}^2 = \overline{AC}^2 - \overline{OA}^2 = \overline{BD}^2$$

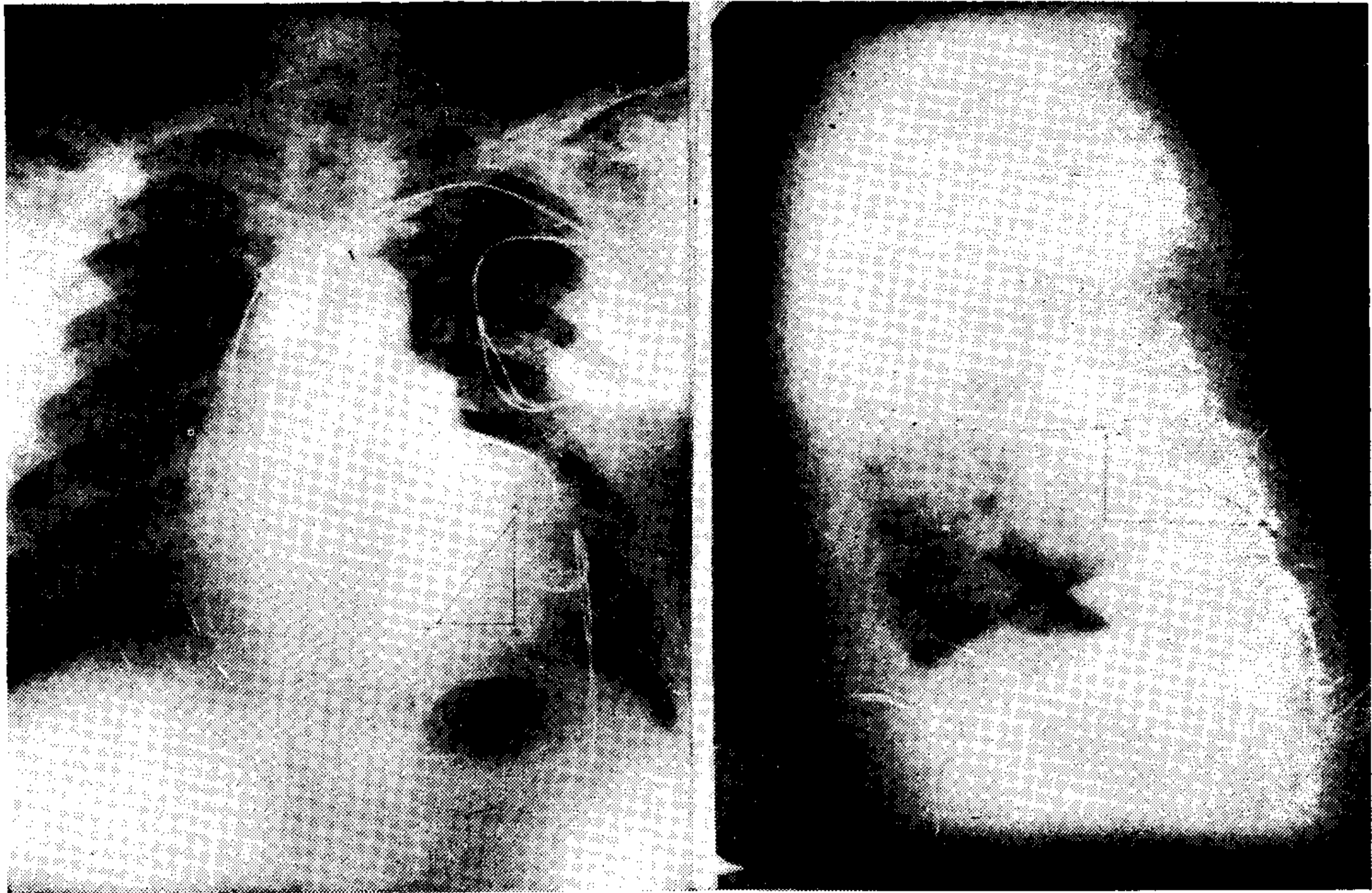


Figura 2

Reemplazando en (2) \overline{OD}^2 y $\overline{BD}^2 = \overline{OC}^2$ queda:

$$\overline{OB}^2 = \overline{AD}^2 - \overline{OA}^2 + \overline{AC}^2 - \overline{OA}^2 = \overline{AC}^2 + \overline{AD}^2 - 2\overline{OA}^2$$

Reemplazando en (1) \overline{OB}^2 por el valor antes obtenido:

$$\overline{AB}^2 = \overline{OA}^2 + \overline{AC}^2 + \overline{AD}^2 - 2\overline{OA}^2 \therefore \overline{AB}^2 = \overline{AC}^2 + \overline{AD}^2 - \overline{OA}^2$$

Es decir que:

$$\overline{AB} = \sqrt{\overline{AC}^2 + \overline{AD}^2 - \overline{OA}^2}$$

La velocidad de conducción interventricular se calcula obteniendo el cociente entre la distancia \overline{AB} que separa ambos electrodos y el tiempo de conducción entre ellos.

RESULTADOS

Se han determinado dos tiempos de conducción interventricular; uno derecho hacia ventrículo izquierdo y otro en sentido inverso, según sea el orden en que se suceden los estímulos. Cuando el estímulo del ventrículo izquierdo precede al del derecho el "límite de suma" se encuentra a las 0.11s, midiendo el tiempo de conducción interventricu-

lar de izquierda a derecha. Cuando el estímulo del ventrículo derecho prece-

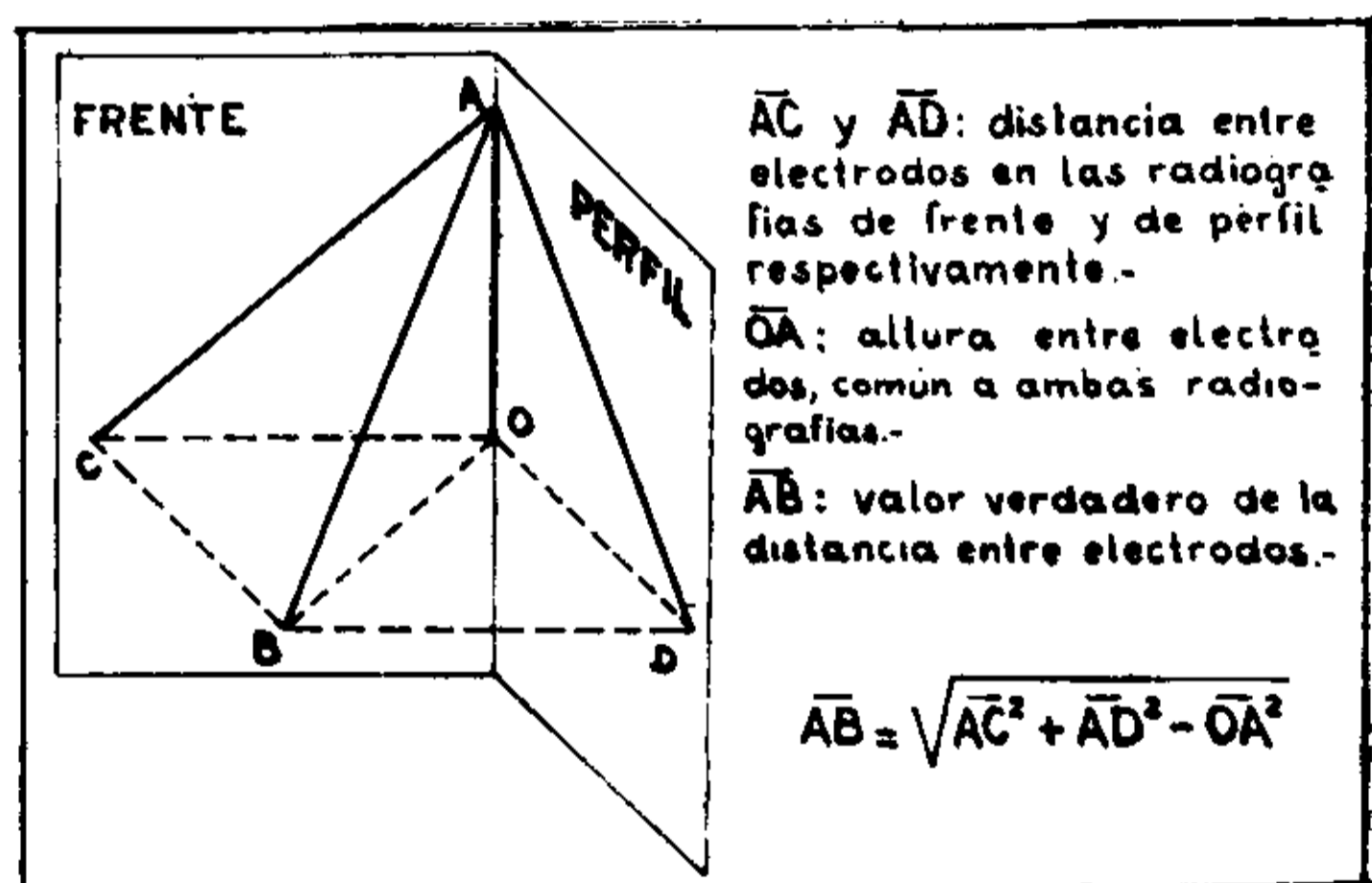


Figura 3

de al del izquierdo, el "límite de suma" también se encuentra a las 0.11s y mide el tiempo de conducción interventricular de derecha a izquierda.

La distancia \overline{AO} medida sobre ambas placas es de 48 mm.; \overline{AC} en el frente es de 59 mm. y \overline{AD} en el perfil 92 mm. Sustituyendo en la fórmula

$$\overline{AB} = \sqrt{\overline{AC}^2 + \overline{AD}^2 - \overline{AO}^2}$$

resulta: que la distancia entre los electrodos es de 0.098 m.

La velocidad de conducción interventricular calculada obteniendo el cociente 0.098m/0.11s. es de 0.89m/s.

DISCUSION

En experiencias electrofisiológicas se ha determinado que la velocidad de conducción en el miocardio ventricular de perro es de 0.88 m/s⁸ y en el músculo papilar de gato de 0.96m/s⁹, lo que coincide con recientes mediciones de Hoffmann y Cranefield de 0.9m/s a 1.0m/s en músculo papilar de perro empleando microelectrodos capilares¹⁰.

Los tiempos de conducción determinados en el corazón humano mediante el estudio electrocardiográfico de las parasistolias naturales, y de las parasistolias artificiales producidas por la implantación de un solo marcapaso son discordantes. Esta falta de uniformidad se debe a la imposibilidad de precisar el lugar o los lugares en que se inicia el proceso de repolarización del estímulo natural. En las parasistolias por estimulación artificial doble sobre un mismo ventrículo, al poder precisarse con exactitud el lugar de aplicación de ambos estímulos, los tiempos de conducción están en función de la distancia entre los electrodos. Las cifras halladas en estas condiciones de 1.0 m/s (promedio) para la velocidad de conducción intraventricular, concuerdan con las halladas experimentalmente en el músculo ventricular inespecífico.

La velocidad de conducción interventricular de 0.89 m/s hallada por nosotros en las parasistolias por estimulación artificial doble biventricular coincide con los valores antes citados. Esto sugiere que la conducción interventricular debida a estimulación artificial con la intensidad y duración usados en el marcapaso clínico se hace a través del músculo ventricular inespecífico sin participación de las fibras de Purkinje, en las cuales la conducción es de 4 a 5 veces más rápida. La similitud de los valores encontrados para las velocidades de conducción intraventricular e interventricular, hace presumir que en esta última la onda de despolarización que se propaga de un ventrículo al otro, no sufre un retardo apreciable a nivel del septum, o lo elude.

RESUMEN

Se determinan el tiempo y la velocidad de conducción interventriculares en pacientes con estimulación eléctrica biventricular. Esto se reali-

za midiendo el "límite de suma" y la distancia entre ambas zonas de estimulación por un procedimiento geométrico radiológico.

La velocidad de conducción interventricular de 0,89 m/s. sugiere que la despolarización se propaga de un ventrículo al otro por el miocardio ventricular inespecífico.

SUMMARY

Interventricular conduction time and speed are determined in patients with biventricular electrical stimuli. It is done by measuring the "fusion limit" of the resulting fusion beats, and distance between both stimulations areas by means of a radiologic geometrical procedure.

The interventricular conduction rate of about 0,89 m/s. is strongly suggestive of the idea that depolarization spreads from one ventricle to the other through non specialized ventricular myocardium.

BIBLIOGRAFIA

1. Pick, A. L.; Langendorf, R.; Katz, L. N.: New aspects and problems in interpreting arrhythmias. *Editorial Circulation*: 20: 997, 1959.
2. Núñez, D.; Zalter, R. y Eisenberg, H.: Artificial induced parasystole in man due to surgically implanted myocardial pacemaker. *Am. J. Cardiol.*, 10: 535, 1962.
3. Zoll, P. M.; Linenthal, A. J.: External and internal cardiac pacemakers. *Circulation*, 27: 455, 1963.
4. Posse, R. A.; Bein, I. J.; D'Aiutolo, R. E. H.: Latidos de suma ventricular y tiempos de conducción intraventricular. Umbral de excitabilidad del corazón humano. Comunicación a la Sociedad Argentina de Cardiología en la sesión del 29 de agosto 1963.
5. Posse, R. A.; Bein, I. J.; D'Aiutolo, R. E. H.: Arritmias cardíacas en pacientes con marcapaso electrónico implantado. "Premio Sociedad Argentina de Cardiología", 1963-1964. *REV. ARG. DE CARDIOLOGÍA*, 34, 1, 1967 y 34, 47, 1967.
6. Linenthal, A. J. y Zoll, P. M.: Ventricular fusion beats during stimulation in man. Application to conduction velocity and anomalous a-v excitation. *Circulation*, 31: 651, 1965.
7. Castellanos Jr., A.; Lemberg, L. y Gosselin, A.: Double Artificial Ventricular Parasystole. *Cardiología*, 47: 275, 1965.
8. Schaefer, H. y Trautwein, W.: Über die elementaren elektrischen Prozesse im Herzmuskel und ihre rolle für eine neue Theorie des Elektokardiogram. *Pflüger's Arch. Ges. Physiol.*, 251: 417, 1949.
9. Trautwein, W.; Gottstein, U. y Dudel, J.: Der aktionsstrom der Myokardfaser im Sauerstoffmangel. *Pflüger's Arch. Ges. Physiol.*, 260: 40, 1954.
10. Hoffman, B. F. y Cranefield, P. F.: *Electrophysiology of the heart*. Mc. Graw Hill Co. Inc., 1960.
11. Posse, R. A.; Bein, I. J.; D'Aiutolo, R. E. H.: Activación del corazón por estimulación eléctrica biventricular. *REV. ARG. DE CARDIOLOGÍA*, 118: 34, 1967.