

ESTUDIO DEL METODO DEL TETRAEDRO PARA EL REGISTRO DEL VECTOCARDIOGRAMA

Por los Doctores

NICOLAS D. TEMPONE,* JORGE ROZLOSNIK, E. MARTINEZ ZUVIRIA
V. OLGUIN y P. RUCHELLI**

El primer intento de representación vectorial se remonta a Einthoven, quien, en 1913 hacía referencia al eje eléctrico caardíaco en el plano frontal, en base al sistema de referencia triangular por él descrito. Los sucesivos intentos de representación vectorial derivada del electrocardiograma se siguieron realizando en base a dicho triángulo, especialmente por parte de Mann en 1920.

La aparición del oscilógrafo de rayos catódicos significó un gran avance en el terreno práctico al permitir un rápido registro de los bucles. En base a los antecedentes expuestos es comprensible que el primer sistema de referencia empleado se basara también en este triángulo. Así, Wilson y Johnston, proponen en 1937 el método del tetraedro equilátero, que luego siguió aplicándose hasta el presente por Burch, Konway y Cronwich.

Por otra parte, tratando de obtener una representación más aproximada del campo eléctrico, Schellong propone en 1938 un sistema de referencia ortogonal que prescinde del triángulo de Einthoven. En esta misma línea, concibe Duchosal el

doble cubo, en 1951 y poco después aparece el cubo de Grishman, que es una modificación del anterior.

Paralelamente, las derivaciones electrocardiográficas siguieron fundamentando sistemas de derivación como los de Donzelot y Milovanovich, en 1948, y el de Jouve, en 1950.

De tal manera, se pueden establecer en vectocardiografía dos tendencias definidas,

SISTEMA DEL TETRAEDRO

— DE —
WILSON

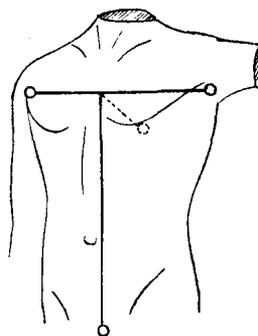
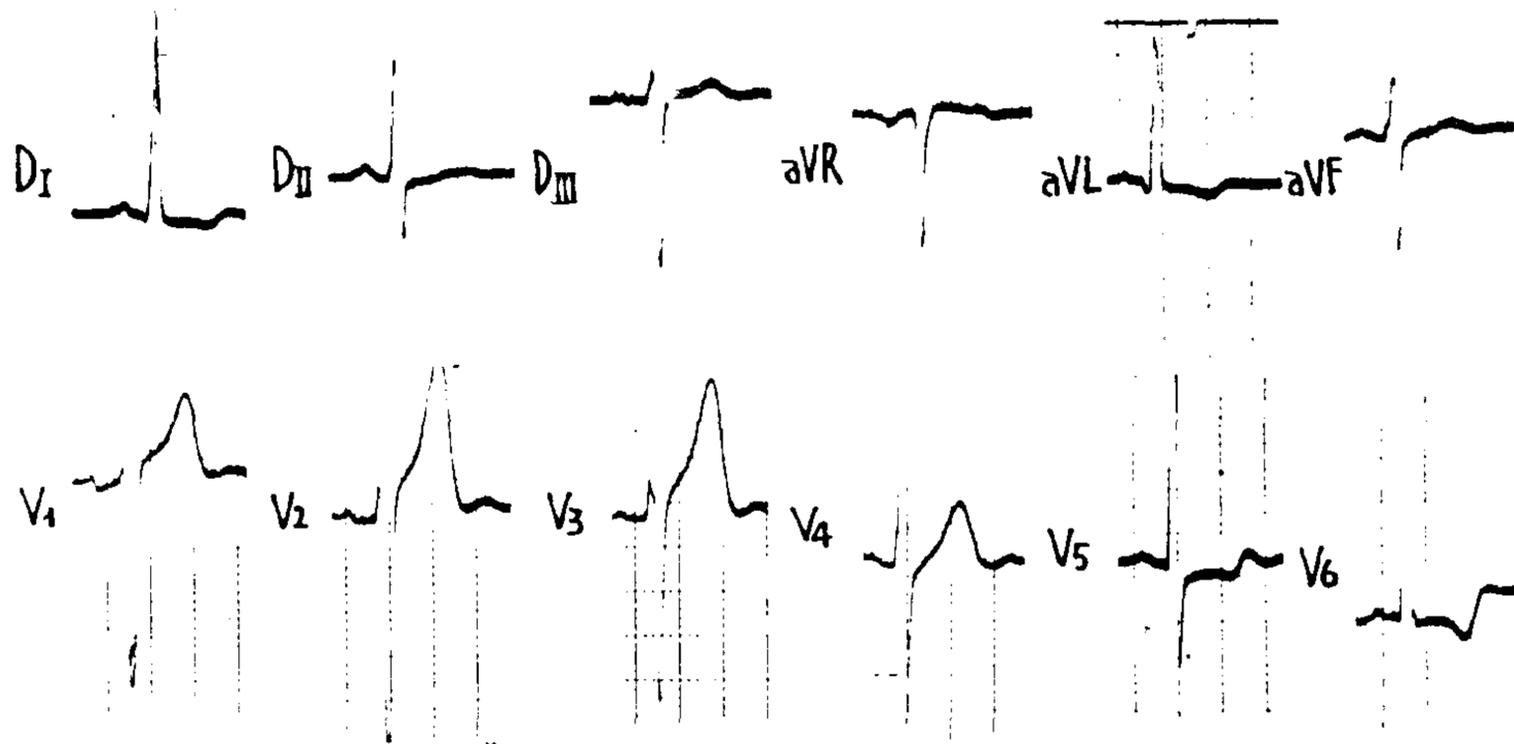


FIG. 1: Obsérvese la ubicación de los electrodos en el sistema del tetraedro, y como el único que requiere puntos de reparo anatómicos fijos es el dorsal.

* Hidalgo 1382, Capital.

** Jefe del Servicio de Cardiología del Hospital Aeronáutico Central.



TETRAEDRO

FRANK

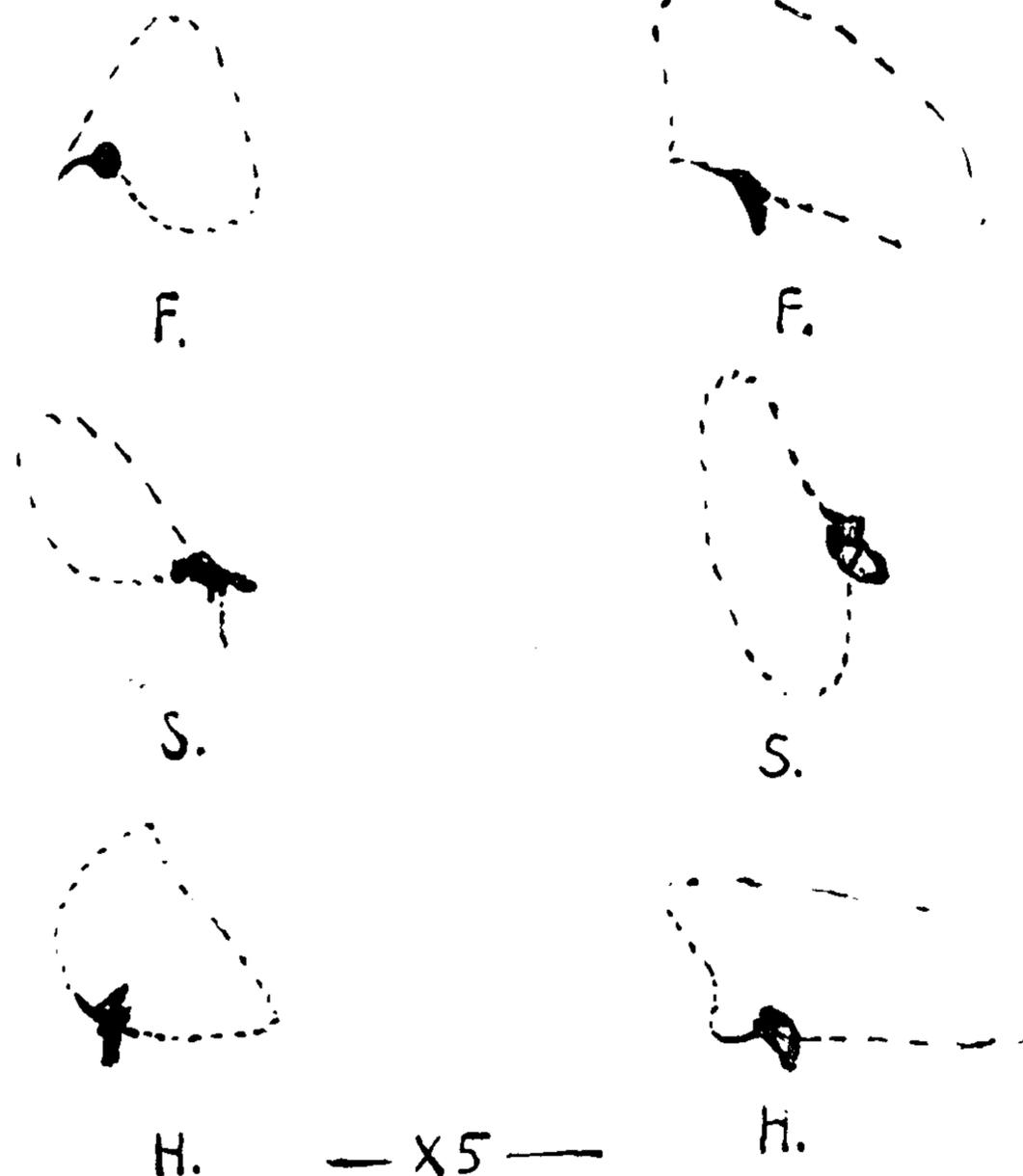


Fig. 2

FIG. 2: Electrocardiograma y vectocardiograma con los sistemas del tetraedro y de Frank, en un paciente con H.V.I. Obsérvese las discordancias en las morfologías de los bucles, con ambos métodos.

según empleen o no, derivaciones electrocardiográficas clásicas.

A partir de 1956, puede reconocerse una tercera orientación, basada en derivaciones múltiples corregidas, como lo intentan los métodos de Frank, Schmitt y

Rijlant. Al iniciar nuestra práctica vectocardiográfica hace dos años y planteado el problema de elección de un método, se procedió a la revisión de la literatura; por esta vía se llegó a la conclusión previa de que el tetraedro era el método más

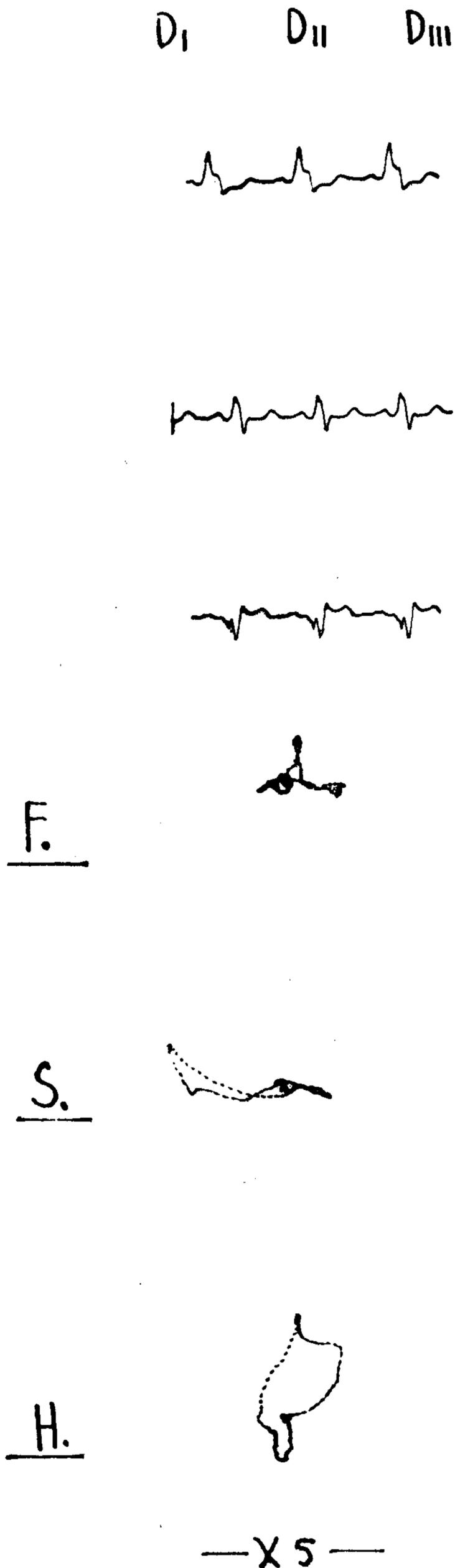


FIG. 3: Derivaciones y bucles en el bloqueo de rama izquierda, con el método del tetraedro: el sentido de rotación se mantiene antihorario en el P.H.

simple en la práctica y de más fácil correlación con el electrocardiograma en el plano frontal. Por otra parte, los posibles inconvenientes invocados por algunos autores no estaban fundados en casuísticas extensas ni en estudios comparativos. En este trabajo se presenta la experiencia obtenida por el análisis de 1000 registros vectocardiográficos obtenidos por el método del tetraedro. En 100 casos, a título comparativo, se emplearon simultáneamente otros métodos.

Se efectuaron los registros vectocardiográficos en 1000 sujetos de ambos sexos y diferentes edades, de los cuales 100 eran normales y 900 portadores de diversas cardiopatías adquiridas y congénitas.

En todos los casos se utilizó un Visoscopio Sanborn modelo 169, con Vectoamplificador modelo 185, documentándose los registros en la mayoría de los casos con una cámara fotográfica Dumont.

Se realizaron electrocardiogramas a todos los sujetos, con las doce derivaciones habituales, además de los componentes electrocardiográficos correspondientes a los métodos empleados.

RESULTADOS

Se analizaron los registros obtenidos con el propósito de extraer conclusiones acerca de las posibles ventajas e inconvenientes del método en estudio.

Se plantearon distintas interrogantes que pudieron ser respondidas luego de tal análisis y que, creemos, deben ser examinadas en la consideración de cualquier método de registro del vectocardiograma.

Tales interrogantes y sus respuestas respectivas constituyen la médula del presente trabajo y se enumera a continuación.

1 — *¿Es la técnica a emplear lo bastante sencilla para su aplicación de rutina?* Efectivamente, el tetraedro es un método sencillo, dado que solo requiere la aplicación de cuatro electrodos, tres de los cuales son los clásicos del triángulo de Einthoven. Solo el electrodo dorsal requiere un punto de reparo anatómico fijo, todo lo cual evita una de las posibles fuentes de error (FIG. 1).

2 — *Puede superponerse la morfología vectorial obtenida, con la registrada por métodos sustentados por estudios con di-*

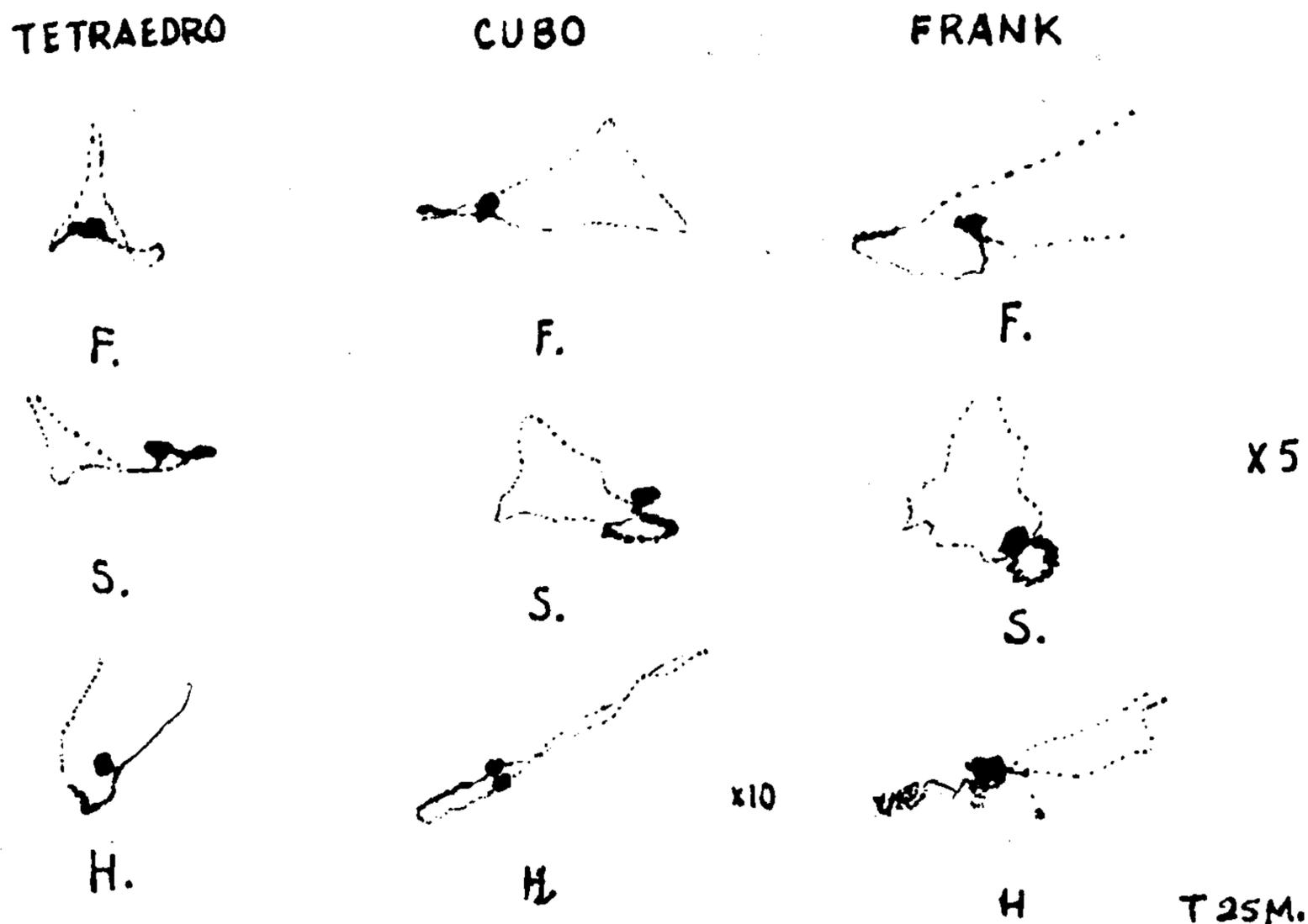


FIG. 4: B.R.I. registrado con tres diferentes métodos. En el plano horizontal el tetraedro conserva la rotación antihoraria, mientras el cubo da un bucle QRS aplanado y horario en el mismo plano; similar al obtenido con el Frank.

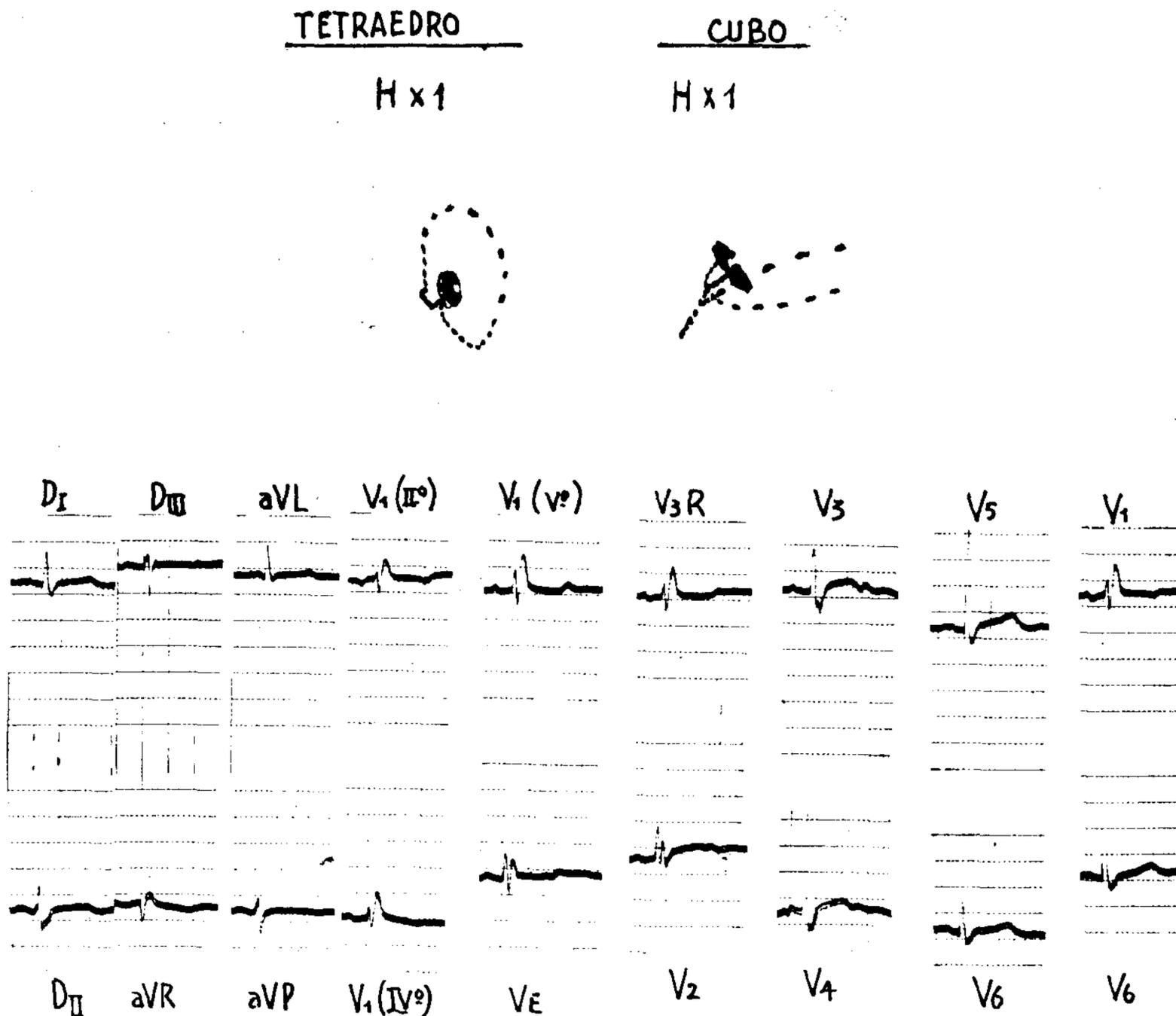


FIG. 5: VCG con los métodos del tetraedro y del cubo, y ECG en un B.R.D. por miocarditis chagásica; buena objetivación de las fuerzas terminales y del retardo, con ambos métodos.

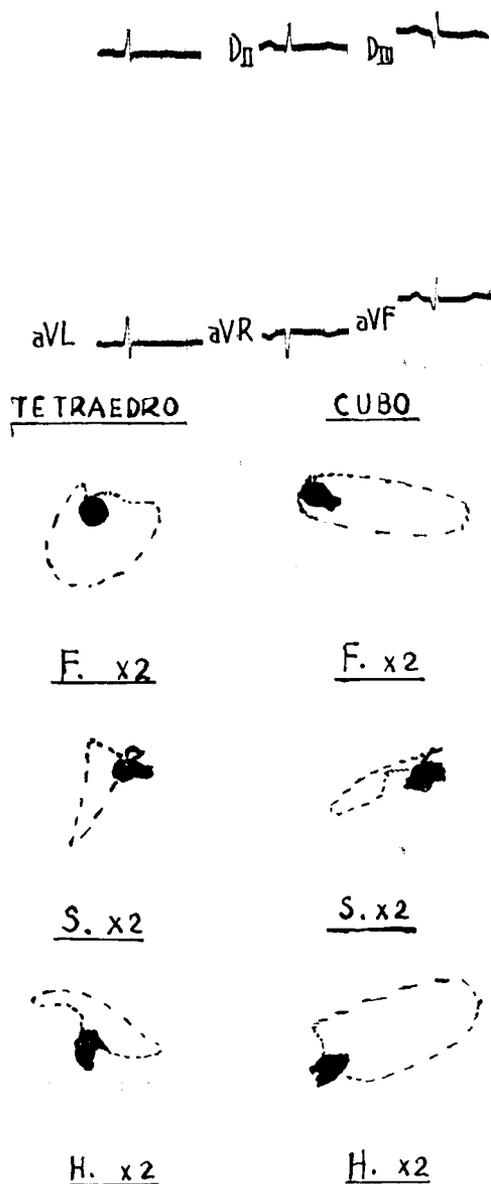


FIG. 6: Infarto diafragmático: el cubo registra rotación antihoraria, mientras el tetraedro mantiene rotación normal en el plano sagital.

polos experimentales en modelos de torsos y que poseen presuntas bases físico-matemáticas?

Observamos discordancias significativas entre la morfología de los bucles obtenidos con el tetraedro y con los métodos que emplean derivaciones múltiples corregidas, calculadas en base a experiencias en modelos de torsos (FIG. 2). No obstante, creemos prematuro abrir juicio al respecto dado que tales experiencias se basan en supuestos discutibles. Ellos son, la ho-

mogeneidad del medio conductor de volumen humano; la existencia de un dipolo único, céntrico y de origen fijo durante todo el ciclo cardíaco; la posibilidad de asimilar el torso humano a una determinada figura geométrica y la ubicación suficientemente alejada de los electrodos como para no captar en absoluto, potenciales locales.

Comprobamos, en general, que los bucles obtenibles con el método de Wilson, destacan, en comparación con los obtenidos con el Frank, un menor componente de x , un mayor componente de z y ocasionalmente también de y (FIG. 2).

3 — *Es posible establecer con este método una correlación adecuada vecto-electrocardiográfica clásica, que permita aprovechar la vasta experiencia empírica ya acumulada?*

El tetraedro es el único método de registro vectocardiográfico que permite una correlación perfecta en el plano frontal, desde que el mismo está integrado por el triángulo de Einthoven. No ocurre igual con los planos sagital y horizontal, que se completan con un electrodo dorsal, no habitual en electrocardiografía.

4 — *El sentido de rotación de los bucles obtenidos con el tetraedro, responde en todos los casos, a los conocimientos actuales de activación miocárdica?*

En todos los casos de bloqueo de rama izquierda encontramos bucles QRS conservando la rotación antihoraria normal en el plano horizontal (FIG. 3). Esto no coincide con los resultados experimentales reveladores de que en el bloqueo de rama izquierda, la activación de las porciones pósterobasales precede a la de las ánterolaterales, lo cual debe determinar rotación horaria en el plano horizontal. Pudimos comprobar que ello ocurre así con los métodos de Grishman y de Frank, los cuales resultan, en estos casos, más aproximados a la representación clásica del campo eléctrico cardíaco (FIG. 4).

5 — *En cuadros típicos de la cardiopatología, resulta este método suficiente para el diagnóstico?*

De lo anterior se infiere que, con el Wilson, no se puede obtener un bucle QRS característico de B. de R.I. y, grados mo-

Fig. 7

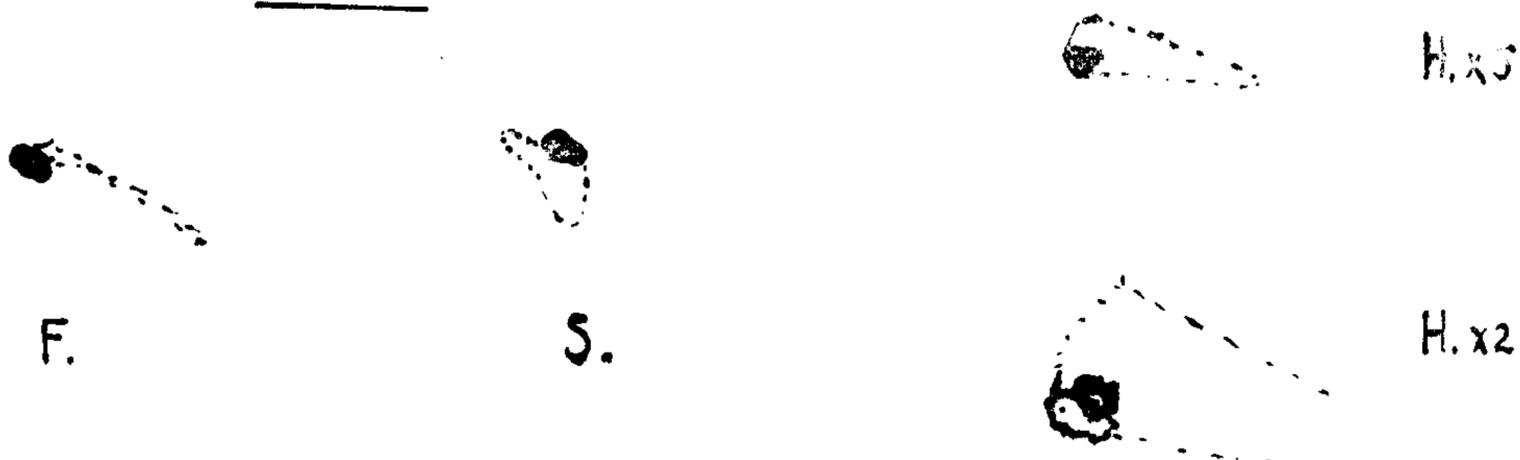
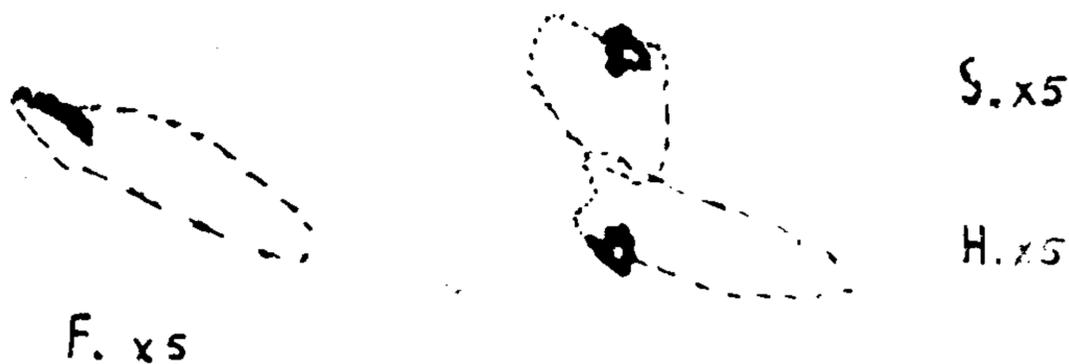
TETRAEDROCUBOFRANK

FIG. 7: VCG con tres métodos de registro. Infarto de miocardio o localización dorsal. El tetraedro objetiva mejor la proyección del bucle QRS hacia adelante en los planos sagital y horizontal.

derados del mismo resultarían de dificultosa diferenciación con la H.V.I., pues se encuentra ausente el cambio en el sentido de rotación en plano horizontal, que registran otros métodos. Referente al B. de R.D., establecimos que el tetraedro es un método apropiado para su estudio, brindando una aceptable objetivación de los vectores representativos de la activación de las porciones basales.

Con métodos como el del cubo tal hecho también se produce, a pesar de lo sostenido por Massie, quien destaca que el tetraedro sería un método más apropiado que el cubo, en estos casos (FIG. 5).

En infartos diafragmáticos, pudimos es-

tablecer que, la rotación invertida en el plano sagital es menos frecuente con el tetraedro que con el cubo (FIG. 6).

En otro aspecto, en los infartos a localización dorsal, el tetraedro ha resultado más diagnóstico, pues da con frecuencia mayor que el cubo, una más amplia proyección del bucle QRS hacia adelante en los planos horizontal y sagital (FIG. 7).

6— Pueden ligeras variantes en la posición del electrodo, provocar distorsiones significativas de los bucles, o sea, existen electrodos "críticos"?

No comprobamos la afirmación de Grishman de que variaciones pequeñas en la posición del electrodo dorsal podrían pro-

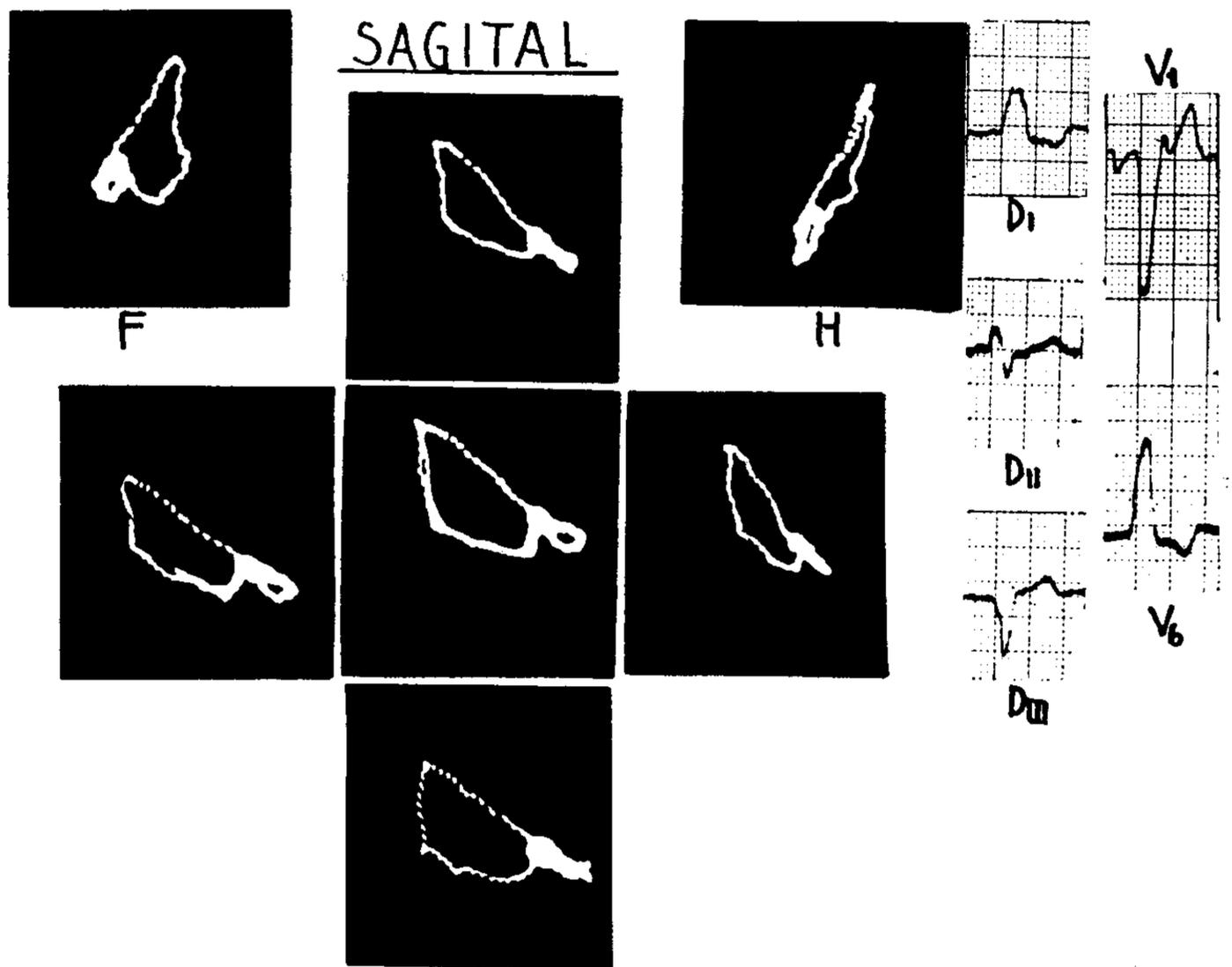
ducir distorsiones manifiestas del bucle, inclusive inversión de la rotación, lo cual lo transformaría en un electrodo "crítico". Por el contrario, alteraciones de hasta cinco centímetros en la ubicación del mismo, en cuatro direcciones, no determinaron modificaciones significativas de la morfo-

logía del bucle y menos cambios en su polaridad (FIG. 8).

7 — *Requiere el método, en su práctica, la determinación previa del punto cero?*

Demostrado que no se está en presencia de un electrodo "crítico", no creemos que la ubicación del mismo deba ser condicio-

TETRAEDRO DE WILSON MODIFICACIONES DE LA POSICION DEL ELECTRODO POSTERIOR: CAMBIOS DEL BUCLE



— CUBO DE GRISHMAN — MODIFICACIONES DEL BUCLE ALTERANDO LA POSICION DE LOS ELECTRODOS

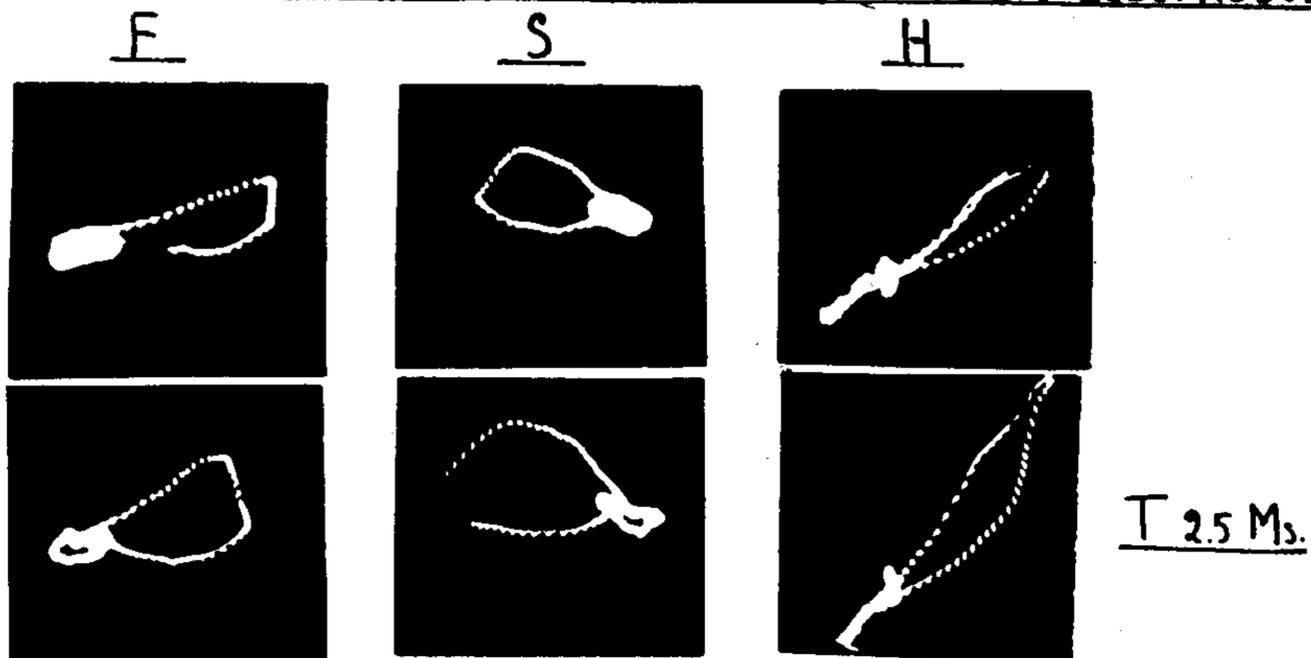


FIG. 8: Los bucles responden a distintas posiciones de los electrodos, desplazados en el mismo sentido en que se ubican en el grabado. Las modificaciones morfológicas son poco significativas con ambos sistemas.

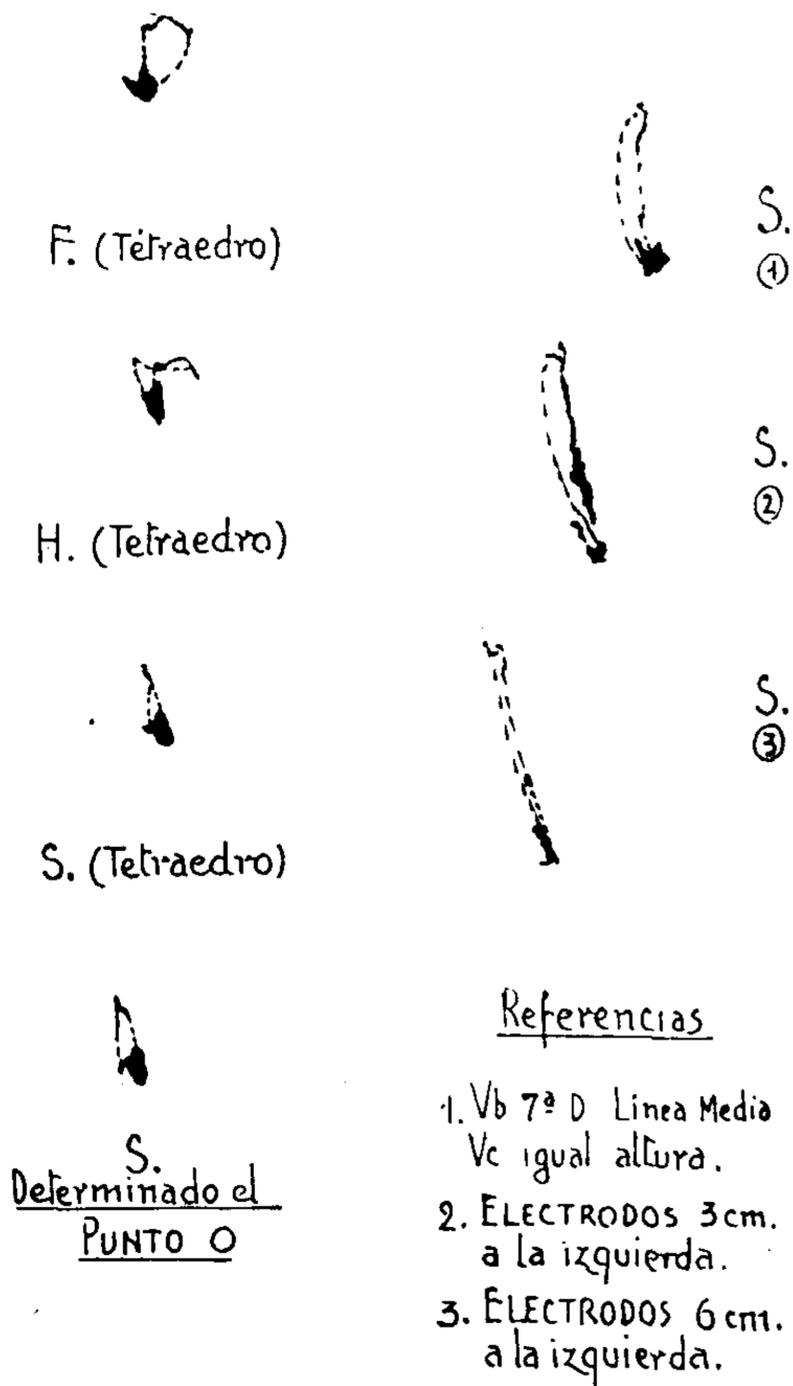


FIG. 9: Infarto de miocardio. El punto cero, determinado por el método de Lissajous se ubicaba a la izquierda del electrodo de aVb. Corregida la posición del electrodo la modificación del bucle no resulta significativa.

nada a la determinación previa del punto cero. En efecto, en los casos en que el punto cero se apartaba sensiblemente de su ubicación, la colocación del electrodo dorsal a nivel del mismo, no implicó cambios importantes en la morfología vectorial (FIG. 9).

8 — Pueden las alteraciones toracopulmonares que afectan la homogeneidad del campo eléctrico distorsionar la representación vectorial de manera importante?

Puesto que en este método de registro los electrodos se hallan alejados del corazón por medios de distinta resistividad, ello puede constituirse en un inconveniente en casos como el enfisema, donde disminuye el voltaje registrado por el electrodo dorsal, respecto al de la pierna izquierda.

En cambio, en métodos como el cubo,

donde el medio interpuesto es similar para todos los electrodos con respecto al corazón, esta distorsión resultó menos manifiesta.

9 — Es el método en estudio igualmente sensible a la hipertrofia de ambas cavidades cardíacas o a otras situaciones que impliquen una excentricidad importante en la posición del dipolo cardíaco?

Pudimos comprobar que los vectocardiogramas obtenidos con el tetraedro resultaban muy representativos para las hipertrofias ventriculares derechas (FIG. 10). El cubo resultó un método de registro muy apropiado en el estudio de las hipertrofias ventriculares izquierdas (FIG. 11).

RESUMEN

En base a la experiencia obtenida por el estudio de 1000 vectocardiogramas registrados utilizando el método del tetraedro de Wilson y en muchos de ellos con otros métodos de registro, en especial cubo y Frank, pudieron establecerse ventajas e inconvenientes del método.

Ventajas: a) simplicidad técnica; b) integración del plano frontal con el triángulo de Einthoven; c) mayor representación de los vectores basales.

Inconvenientes: a) rotación del bucle QRS, en el plano horizontal, en sentido antihorario en todos los casos de B.R.I., hecho que está en discordancia con el conocimiento de que en tales casos la despolarización se inicia en las porciones pósterobasales del miocardio izquierdo, terminando en las anterolaterales; b) la falta de homogeneidad de los medios conductores anatómicos interpuestos entre corazón y electrodos puede considerarse un factor de distorsión con respecto a métodos como el cubo donde el medio es siempre parénquima pulmonar, tal como pudimos comprobar en algunos casos de enfisema.

En otro plano, pudo establecerse que el electrodo dorsal no constituye un electrodo "crítico", pues variaciones importantes en su ubicación no se reflejaron en alteraciones significativas de los bucles vectoriales.

La determinación del punto cero, a más de resultar trabajosa en muchos casos, resultó de poco valor práctico.

Finalmente se hacen consideraciones sobre la aplicabilidad del método de Wilson

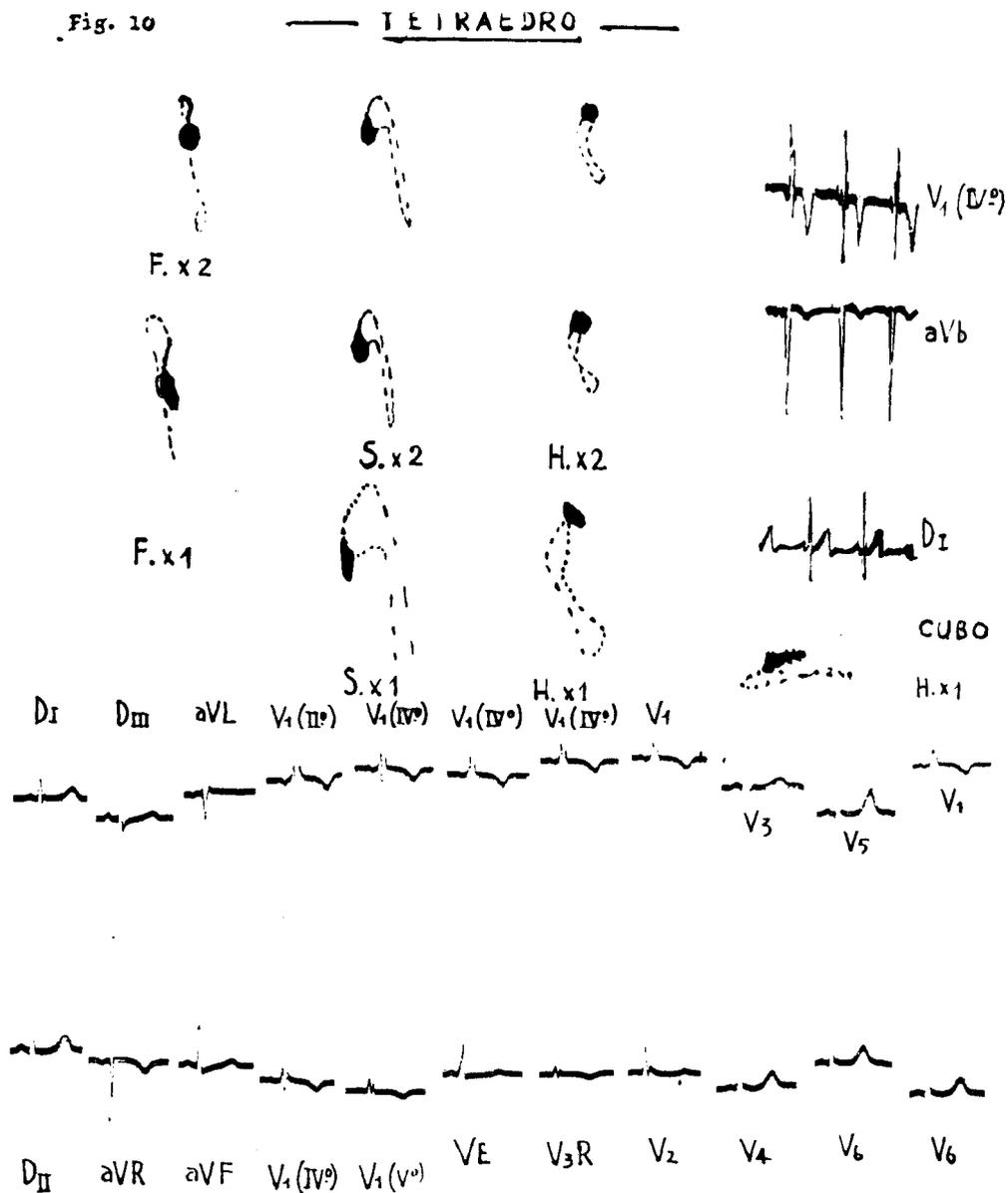


FIG. 10: H.V.D. por estenosis pulmonar moderada. El tetraedro da mayor proyección hacia adelante, y rotación horaria en el plano horizontal, objetivando mejor que el cubo, la hipertrofia derecha. La estenosis pulmonar con hipertensión moderada del V.D. se confirmó por cateterismo.

en diferentes alteraciones del campo eléctrico cardíaco.

BIBLIOGRAFIA

1. Avril P. B.: Le Champ électrique du coeur normal et pathologique. Étude expérimentale. Masson, Paris, 1956.
2. Bayley R. H.: Am. Heart J., 1961, 61, 684.
3. Bayley R. H.: Hoeber, N. Y., 1958.
4. Burger H. C.: Lead vector projections. Ann. New York Acad. Med., 1957, 65, 1076.
5. Burger H. C.: Heart vector and leads. Brit. Heart J., 1946, 8, 157.
6. Burger H. C., Van Milaan J. B.: Heart vector and leads. Brit. Heart J., 1947, 9, 154.
7. Burger H. C., Van Brummelen A. G., Van Herpen G.: Heart vector and leads. Am. Heart J., 1961, 61, 317.
8. Cohen W., Abildskov J. A., Jacobson E. D.: Theoretical and clinical studies of the electrocardiogram and vectorcardiogram in right ventricular enlargement. Am. Heart J., 1961, 61, 656.
9. Duchosal P. W., Sulzer R.: La Vectorcar-

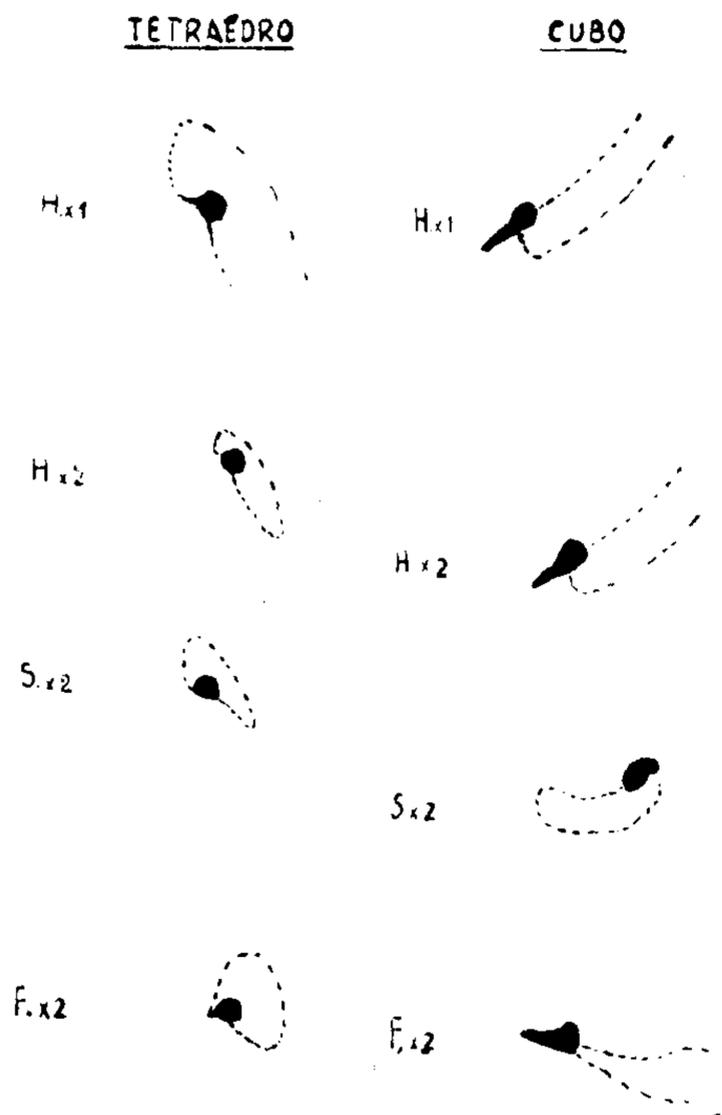


FIG. 11: VCG en la hipertrofia ventricular izquierda. El método del cubo objetiva mejor los signos correspondientes a esta modificación, que el tetraedro.

- diographie, Basle, S. Karger, 1949.
10. Duchosal W. P., Groscurin J. R.: The spatial vectorcardiogram obtained by use of a trihedron and its scalar comparisons. *Circulation*, 1952, 5, 237.
 11. Duchosal P. W. Moret P.: Individualité de l'électrocardiogramme étudiée par la vectographie. *Cardiologia*, 1958, 32, 129.
 12. Frank E.: A comparative of the eccentric double layer representation of the human heart. *Am. Heart J.*, 1953, 46, 364.
 13. Frank E.: Theoretical analysis of heart dipole eccentricity of limbs leads, Wilson central terminal voltage and the frontal plane vectorcardiogram. *Circulation Research*, 1953, 1, 380.
 14. Frank E.: An accurate, clinically practical system for spatial vectorcardiography. *Circulation*, 1956, 13, 737.
 15. Gardberg M.: A theoretic analysis of the effects of dipole eccentricity upon the manifest vectors, the manifest QRS loops and the potential of the central terminal. *Circulation*, 1954, 10, 544.
 16. Grishman A.: *Spatial Vectorcardiography*. Saunders, Philadelphia, 1952.
 17. Jeanneret P.: Clinical measurement of the electrical resistance of a patient. *British Heart J.*, 1951, 13, 43.
 18. Johnston F. D.: The clinical value of

- vectorcardiography. *Circulation*, 1961, 23, 297.
19. Jouve A., Buisson P., Albouy A., Velasque P., Bergier G.: *La vectocardiographie en clinique*. Masson, Paris, 1950.
20. Massie E., Walsh T. J.: *Clinical vectorcardiography and electrocardiography*, 1960, Year B., Chicago, 1960.
21. Milnor W. R., Talbot S. A., Newman E. V.: A study of the relationship between unipolar leads and spatial vectorcardiograms, using the panoramic vectorcardiograph. *Circulation*, 1953, 7, 545.
22. Reynolds, E. W., Cordes J. F., Willis P. W., Johnston F. D.: The use of the lead-field in the development of leads satisfactory for vectorcardiography. I-The sagittal lead. *Circulation*, 1956, 14, 48.
23. Rijlant P.: L'électrogenèse globale du cœur chez l'homme. *Electrocardiographie vectorielle et vectocardiographie*. *Acta Cardiol.* 1958, 13, 349.
24. Rozlosnik J., Tempone N. D.: Las alteraciones del VCG espacial en el infarto de miocardio. Comunicación a las VIIas. Jornadas Cardiológicas del Sur, B. Blanca, 1960.
25. Rozlosnik J., Tempone N. D., Olguín V., Ruchelli B. P., Martínez Zuviría E.: Aporte al estudio de las alteraciones del VCG en el infarto de miocardio. *Soc. Arg. de Cardiol.* 1960.
26. Rozlosnik J., Tempone N. D., Ruchelli B. P., Olguín V., Martínez Zuviría E.: El vectocardiograma del infarto de miocardio. Comunic. Reunión Nacional de Vectocardiografía, Universidad Nacional de Córdoba, Fac. Ciencias Médicas, Córdoba, 1961.
27. Rozlosnik J., Tempone N. D.: Valoración de los métodos de registro del vectocardiograma. Comunic. *Soc. Arg. de Cardiol.* 1961.
28. Rozlosnik J., Tempone N. D.: Consideraciones sobre los métodos de registro del vectocardiograma. Comunic. al IV Congreso Ar. de Cardiología, Fac. de Ciencias Médicas, Bs. As., 1961.
29. Sangiorgi M., Corsi V., Cofano L., Salvo E., Coppolino L.: A Comparative study of some vectorcardiographic methods based on the use of unipolar leads, bipolar leads between electrically symmetrical points and bipolar leads with multiple electrodes. *Acta Cardiol.*, 1960, 15, 101.
30. Tempone N. D., Rozlosnik J.: Valor diagnóstico del VCG espacial. Comunic. VIIas. Jornadas Cardiológicas del Sur, B. Blanca, 1960.
31. Tempone N. D., Rozlosnik J., Martínez Zuviría E., Franco R. Rucelli P. B., Olguín V., y Buren E.: Aporte al estudio de los métodos de registro del VCG. Reunión

- Nacional de Vectocardiografía. Univ. Nacional de Córdoba, 1961.
32. Tempone N. D., Rozlosnik J.: Aporte al valor diagnóstico del vectocardiograma: importancia del vector basal. Reunión Nacional de Vectocardiografía. Univ. Nacional de Córdoba, 1961.
 33. Tempone N. D., Rozlosnik J.: Métodos de registro del vectocardiograma: el tetraedro de Wilson. Ventajas y objeciones. Comunic. Sociedad Arg. de Cardiol., 1961.
 34. Tempone N. D., Rozlosnik J., Martínez Zuviría E.: Valor diagnóstico y limitaciones de la vectocardiografía espacial como técnica exploratoria del campo eléctrico cardíaco. Comunic. IVº Congreso de Cardiología, Fac. de Ciencias Médicas, Buenos Aires, 1961.
 35. Testoni F., Tommaselli A., De Bonis P.: Ricerche sulla validità della rappresentazione vettoriale del campo elettrico cardiaco. Cuore e Circol., 1957, 41, 151.
 36. Testoni F., Tommaselli A., De Bonis P., Narbone N. B.: Il vettocardiograma spaziale nei soggetti normali Cuore e Circol., 1959, 43, 129.
 37. Wilson F. N., Johnston F. D.: The vectocardiogram. Am. Heart J., 1938, 16, 14.
-