

EL VECTOCARDIOGRAMA PRECORDIAL DE FRANK EN 41 SUJETOS NORMALES

por el doctor
CARLOS GENTILE *

En los últimos años se ha reconocido el grado considerable de distorsión que sufren las manifestaciones eléctricas de la actividad cardíaca, tal como se las recoge en la superficie corporal mediante las combinaciones de electrodos usadas en la electrocardiografía clínica y en los diversos sistemas de vectocardiografía espacial empleados hasta el presente. Este hecho ha sido puesto principalmente en evidencia mediante el uso de modelos de torso humano tridimensionales no homogéneos (Burger y Van Milaan) u homogéneos (Frank)¹ y la introducción de conceptos tales como "vector de la derivación" de Burger y Van Milaan, "puntos de la imagen", "superficie de la imagen", "vector de la imagen" de Burger y Van Milaan y Frank y "eje efectivo" de Schaffer^{2, 3, 4}. Los factores responsables de esta distorsión son tres: 1) la *excentricidad* del corazón (situado arriba, a la izquierda y adelante del centro del tronco), 2) la falta de homogeneidad eléctrica de los tejidos y 3) la forma y proporciones distintas del tórax en cada sujeto. El primero (excentricidad del corazón) es con mucho el más importante, introduciendo el segundo errores de sólo $\pm 10\%$ (Frank) y siendo de poca importancia el tercero. La existencia de estos factores cuestiona la validez de utilizar marcos de referencia basados en consideraciones anatómicas (Helm⁵), pareciendo haber acuerdo creciente en que ninguno de los sistemas más difundidos de vectocardiografía espacial brinda una representación exacta de las fuerzas electromotrices cardíacas en las direcciones transversal, sagital y vertical^{3, 4, 6, 7}.

Debe reconocerse además que la vectocardiografía espacial, tal como ha sido obtenida hasta el presente, ha brindado muy poca información adicional a la obtenida mediante el estudio exhaustivo realizado durante muchos años mediante la electrocardiografía clásica. Aunque ésta padece de los mismos errores que los sistemas vectocardiográficos en uso, su empleo empírico ha extraído práctica-

* Médico-Jefe del Dispensario Antirreumático y Cardiovascular. Tandil.

mente toda la información cualitativa disponible en la superficie corporal y por eso se piensa que si se ha de ampliar su utilidad diagnóstica ha de ser sobre la base de vectocardiogramas cuantitativamente más exactos. En un intento por lograrlo, diversos autores están investigando nuevos sistemas de derivaciones, mediante electrodos o combinaciones de electrodos que cancelen mutuamente sus efectos indeseables y teniendo en cuenta no, como hasta el presente, los ejes anatómicos de dichas derivaciones, sino los llamados "ejes efectivos" o "vectores de las derivaciones".

Así, el sistema SVEC III de Schmitt y Simonson emplea 14 electrodos y el sistema "precordial" de Frank ^{8, 9, 10}, 7 electrodos. Estos sistemas suponen la existencia de un dipolo único equivalente de localización fija, aunque en realidad la cuestión de la dispersión o el origen único de las fuerzas electromotrices generadas en el corazón durante el ciclo cardíaco, punto crucial de la vectocardiografía, permanece aún sin resolver. La introducción del concepto, de "campo de la derivación" por McFee y Johnston ^{11, 12, 13} y el empleo de bancos de electrodos en la parte anterior y posterior del tórax (Reynolds y col. ¹⁴) permite eliminar la necesidad de suponer la existencia de este discutido dipolo único equivalente.

Dada su relativa simplicidad, el sistema de Frank nos pareció digno del ensayo clínico. Utiliza solamente 7 electrodos, de los que 5 están colocados en el tórax a nivel del 5º espacio intercostal, otro en la base del cuello y el séptimo en la pierna izquierda. La combinación de estos electrodos entre sí y el empleo de redes computadoras permiten, según lo demostró experimentalmente el autor, obtener tres diferencias de potencial, V_x , V_z y V_y , que son casi proporcionales a cada uno de los componentes p_x , p_z y p_y del vector cardíaco. Es de hacer notar que esta exactitud ha sido demostrada solamente para el QRS.

MATERIAL Y MÉTODO

Se estudiaron 41 personas normales (33 varones y 8 mujeres), de las que 2 tenían 17 años, 12 de 20 a 29 años, 12 de 30 a 39, 7 de 40 a 49 y 5 de 50 a 59 años. 3 eran niños, de 3, 10 y 12 años respectivamente. La historia, examen físico, radiológico y electrocardiográfico, fueron en todos los casos normales.

El VCG se tomó estando el paciente acostado, procurando seguir las recomendaciones del autor en lo que respecta a la colocación exacta de los electrodos y a la buena preparación de la piel. A fin de la ulterior comparación con el VCG obtenido por el método de Grishman se empleó la misma polaridad y selección de

vistas que las usadas por este último autor. La amplificación usada para los tres componentes fué de 3,5 cms/mv. La inscripción del tiempo se obtuvo mediante la interrupción del haz de luz del tubo de rayos catódicos 400 veces por segundo (cada segmento luminoso por lo tanto es igual a 1/400 de seg., salvo indicación contraria), y la dirección de inscripción está indicada por el extremo puntiagudo de los segmentos luminosos con forma de coma. Las fotografías se hicieron sucesivamente en los tres planos, horizontal, frontal y sagital derecho, con una cámara Contax f2,8 y película Kodak Plus X, siendo la exposición de 1/2 segundo. Los negativos así obtenidos fueron luego ampliados. Los ángulos se midieron en sentido horario a partir del extremo situado a la derecha del observador de los ejes de X y Z.

R E S U L T A D O S

En cada proyección se estudió la orientación y dirección de inscripción del bucle de la P, contorno, magnitud, orientación y sentido de rotación del bucle QRS, las características del vector RS-T y finalmente la orientación y dirección de inscripción del bucle T. Por adolecer el electrocardiograma escalar de errores, señalados más arriba, que lo hacen inadecuado como patrón para establecer la fidelidad de los diversos sistemas vectocardiográficos, hemos creído innecesario efectuar la correlación entre los bucles VCG y las ondas del electrocardiograma.

I. *BUCLE DE LA P*: en general, está orientado hacia abajo, a la izquierda y ligeramente hacia atrás o hacia adelante, tal como lo muestra la *Fig. 1*. En el plano horizontal se dirige hacia atrás y a la izquierda, estando su vector mayor comprendido entre los ángulos -15 a -60° (media: -12°). En 2 ocasiones, ilustradas en la *Fig. 1*, pudo determinarse el sentido de rotación en este plano, el que fué antihorario. En el plano frontal el bucle de la P está constantemente orientado verticalmente hacia abajo, estando su vector mayor entre los 75° y 90° en 17 casos y entre los 60° y 70° en 3 casos de los 20 en que se visualiza dicho bucle. En las seis ocasiones en que se pudo determinar la dirección de inscripción, la misma fué antihoraria. En el plano sagital derecho, el bucle se visualizó en 18 ocasiones, estando su vector mayor orientado entre los 75° y 115° (en 13 de estos 18 casos entre los 90° y 100°) y la dirección de inscripción, determinada en 12 ocasiones, fué siempre horaria.

2. *BUCLE DEL QRS*. a) CONFIGURACIÓN: en general la forma es elipsoidea en el plano frontal, mientras que en los otros dos planos predomina la forma groseramente circular o triangular

(fig. 2). Una forma francamente alargada con relación anchura-longitud de 1:3 o menos, se comprobó 10 veces en el plano sagital derecho y sólo en 4 ocasiones en el plano horizontal (Fig. 3). La porción inicial del bucle en el plano horizontal se dirigió hacia

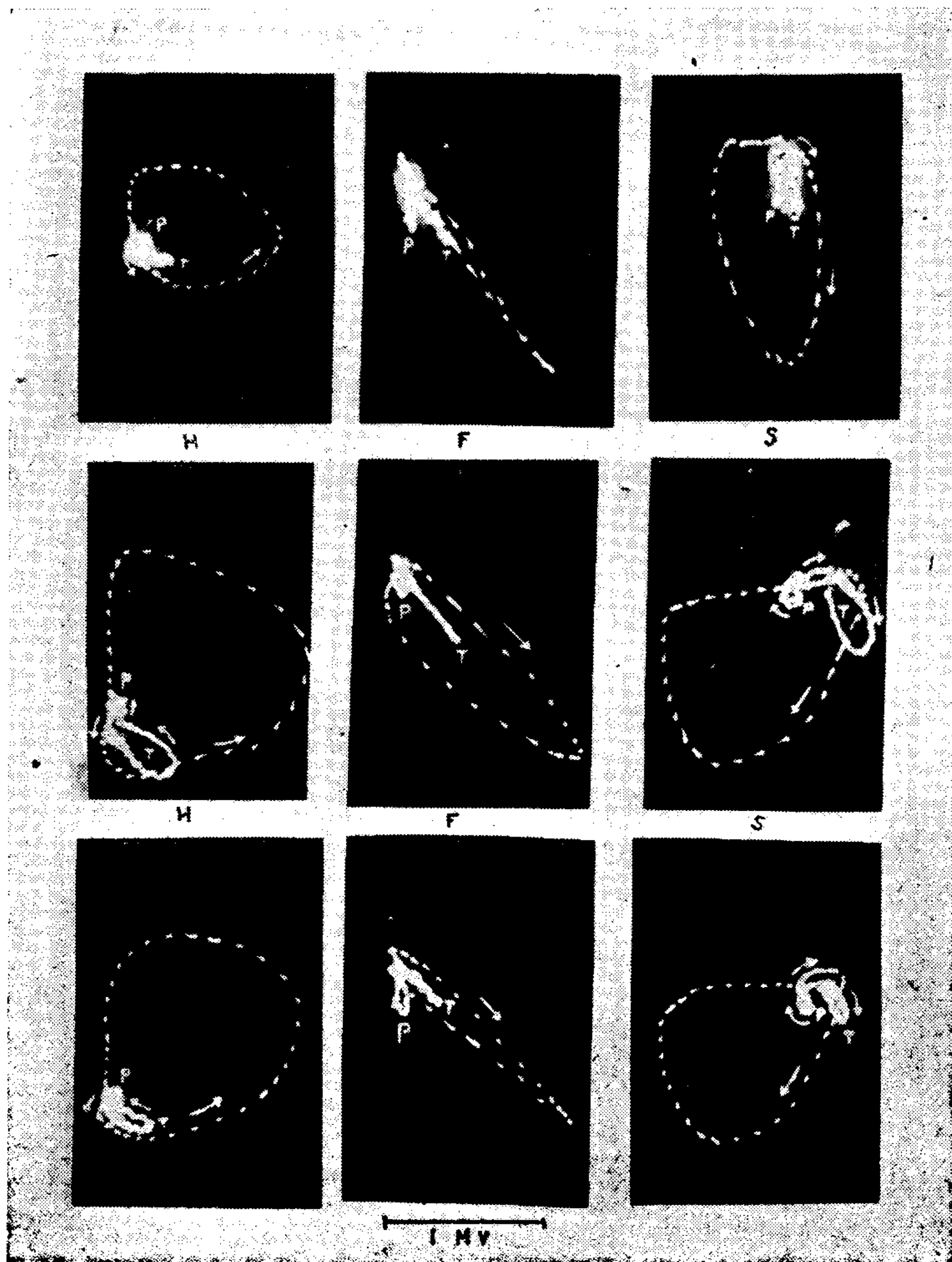


FIG. 1

adelante o hacia adelante y a la izquierda en 9 ocasiones y hacia adelante y a la derecha en 29 casos, correspondiendo esta porción a la onda Q inicial de la derivación escalar de p_x . La porción final

del bucle se inscribió directamente desde atrás hacia adelante o de atrás y a la izquierda hacia adelante y a la derecha en 7 ocasiones, en tanto que en los 31 casos restantes dicha porción del bucle sobresalió netamente a la derecha del punto isoeléctrico, en correspondencia con la onda S en la derivación escalar de px (Fig. 1).

b) MAGNITUD.— Se midieron los potenciales pico a pico en los 3 componentes px , pz y py . El del componente horizontal, px ,

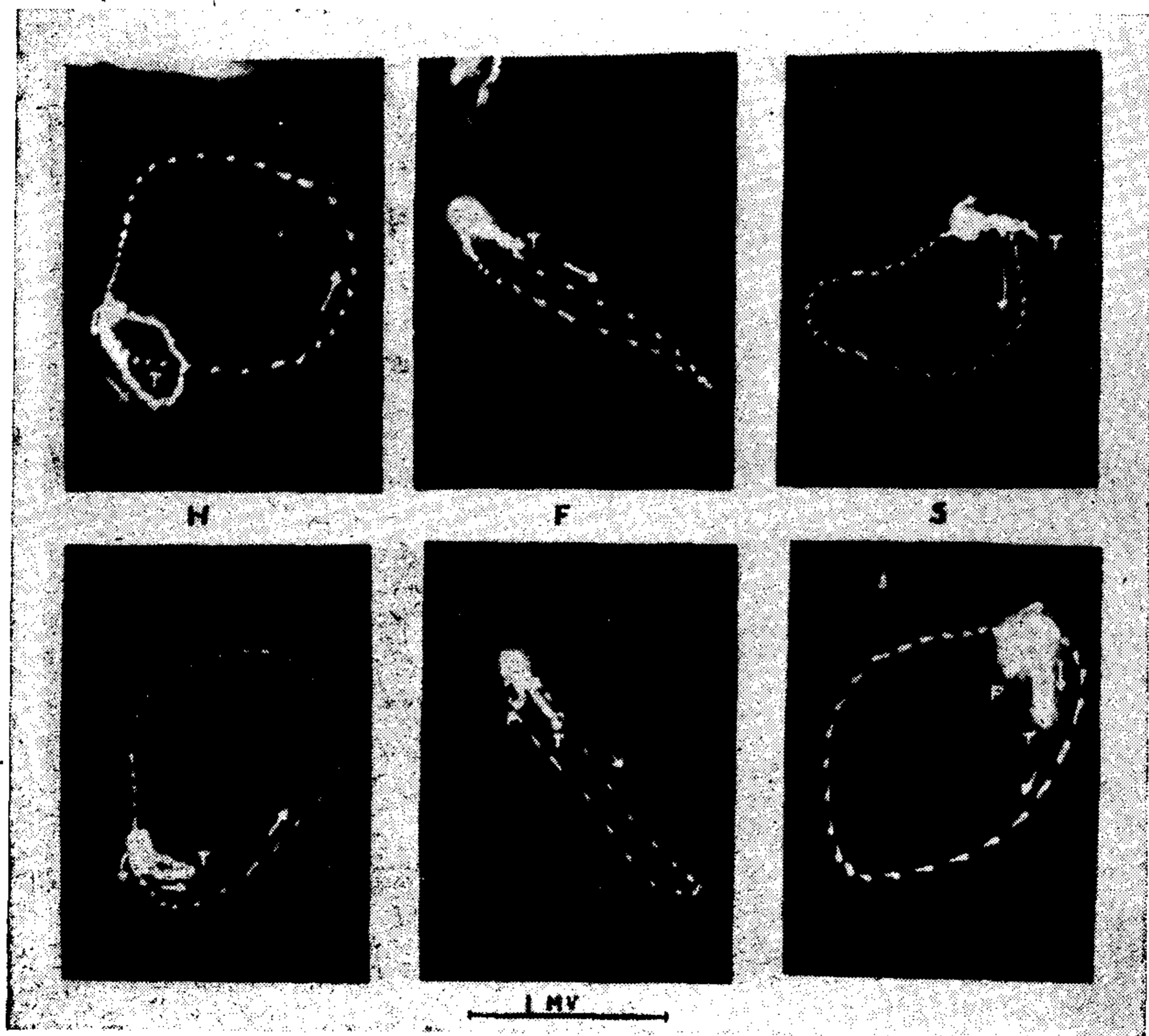


FIG. 2

varía de 0,5 a 2,1 mV, con una media de 1,13 mV. La porción situada a la derecha del punto isoeléctrico en la parte final del bucle nunca es mayor del 40% de la magnitud total. El voltaje del componente sagital, pz , varía de 0,5 a 1,75 mV con una media de 1,03 mV. La porción situada por delante de la isoeléctrica varía de 0,1 a 0,8 mV con una media de 0,31 mV y la situada por detrás de 0,3 a 1,3 mV con una media de 0,72 mV, siendo la proporción

media entre la porción situada por delante y la situada por detrás del punto isoelectrico de 1:2,3. Solamente en 3 de los 38 casos de adultos, la porción situada por delante de la isoelectrica fué igual o ligeramente mayor que la situada por detrás, con una relación máxima de 1:0,7. El voltaje del componente vertical, p_y , osciló entre 0,18 y 1,6 mV con una media de 0,90 mV. Los potenciales de p_x , p_z y p_y guardaron una relación media de 1,25:1,14:1.

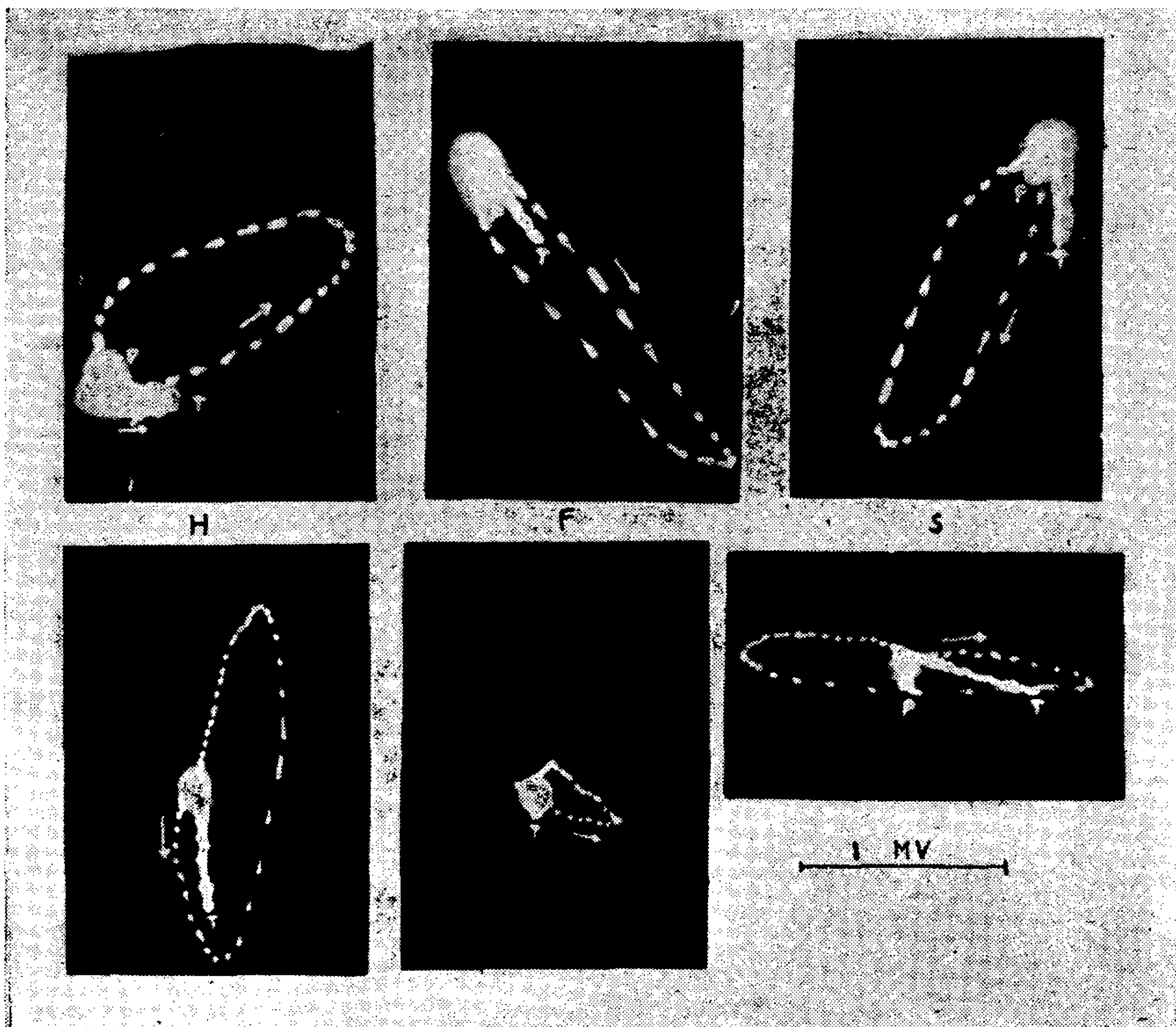


FIG. 3

c) ORIENTACIÓN (Fig. 2). — El bucle del QRS se halla situado en su mayor parte hacia atrás y a la izquierda en el plano horizontal, hacia abajo y a la izquierda en el plano frontal y hacia abajo y atrás en el plano sagital derecho. La orientación del vector mayor en el plano frontal es de 7 a 75°.

d) DIRECCIÓN DE INSCRIPCIÓN. — En el plano horizontal es

siempre anti-horaria. En el plano frontal variable: en 14 casos antihoraria (fila inferior de la Fig. 3) y en 24 casos horaria. Cuando el vector mayor tenía un ángulo de 20° o menos la dirección fué siempre antihoraria y cuando tenía 60° o más fué siempre horaria. En el plano sagital derecho hubo 36 casos con dirección horaria y solamente 2 casos con dirección antihoraria (Fig. 5).

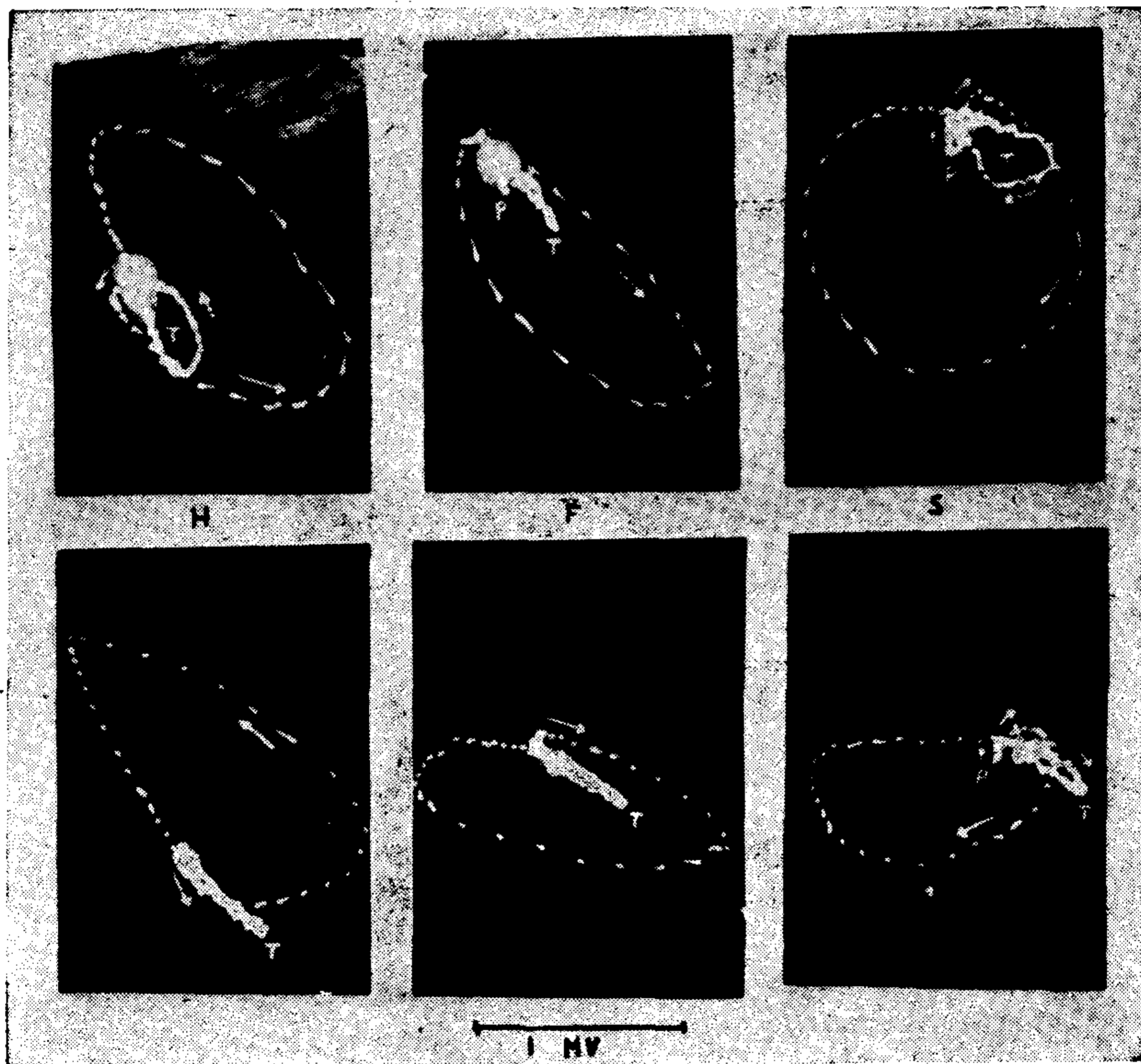


FIG. 4

3. *VECTOR RS-T*: Con cierta frecuencia el bucle del QRS no se cerró antes de comenzar la inscripción del bucle de la T, dando origen a un vector RS-T evidente en los planos horizontal y sagital, y dirigido hacia adelante o hacia adelante y a la derecha en el plano horizontal y hacia adelante y ligeramente arriba o abajo en el plano sagital (Fig. 6) (fila superior).

4. *BUCLE DE LA T*. a) *ORIENTACIÓN*: en la proyección

horizontal el vector mayor se dirige hacia la izquierda y adelante, estando situado generalmente a la derecha y adelante del bucle del QRS, formando con este último en muchas ocasiones un ángulo muy pronunciado. La orientación del vector mayor del bucle de la T varía de 0 a 80° con una media de 40° . El ángulo formado con el vector mayor del QRS (en los pocos casos en que éste pudo ser determinado) osciló de 10° a 155° con una media de 58° estando

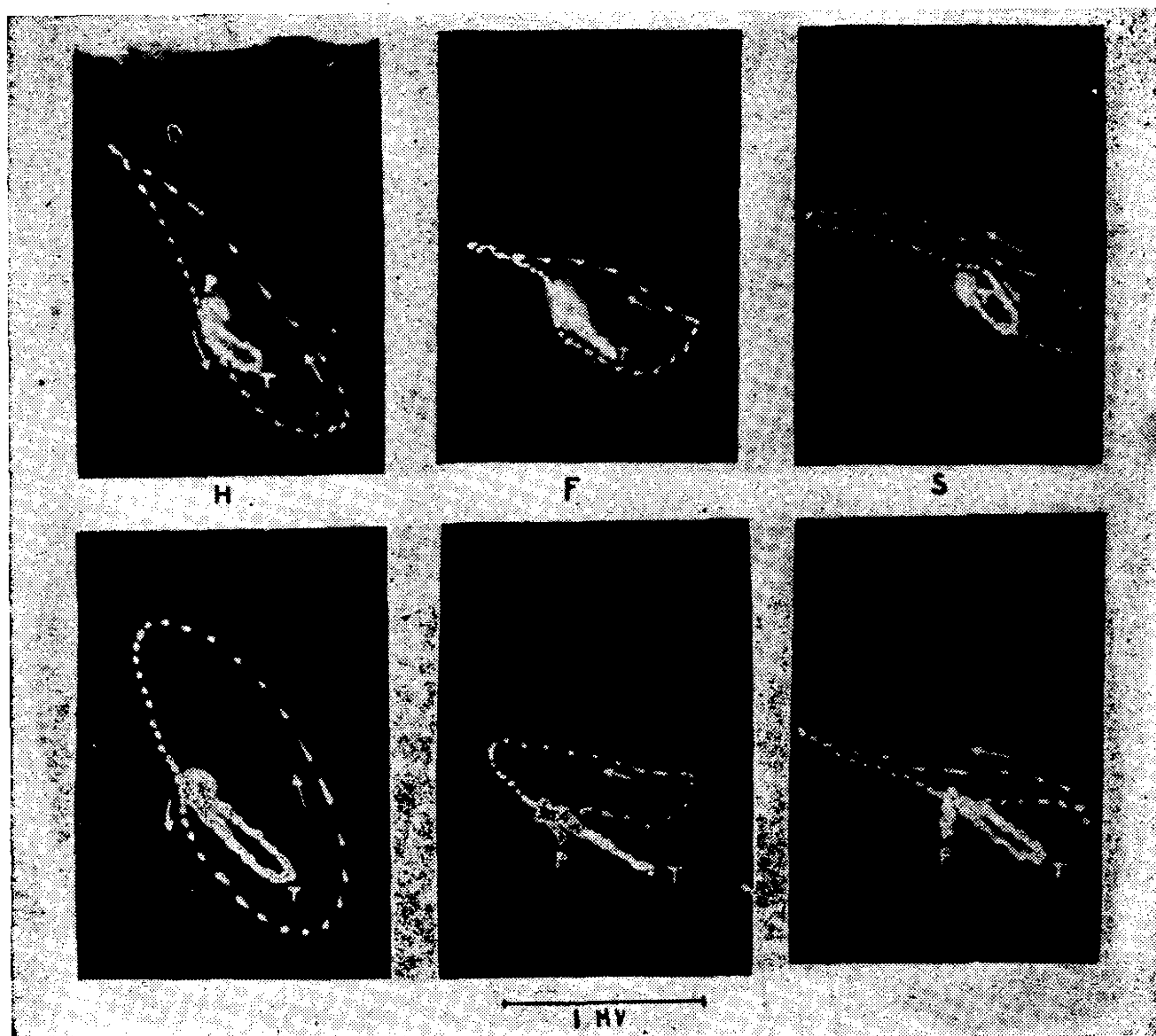


FIG. 5

siempre el bucle de la T adelante y a la derecha del bucle del QRS. En la proyección frontal la orientación del vector mayor varía de 25° a 90° con una media de 41° . La dirección de dicho vector coincidió 7 veces con la del vector mayor del QRS, en 17 ocasiones estuvo hasta a 70° del mismo en sentido horario (o sea hacia abajo y a la derecha del QRS) y en 11 ocasiones desviado hasta a 27° en sentido antihorario. En el plano sagital la orientación del vector mayor

del bucle de la T varía de 0 a 130° con una media de 50° . En los casos en que pudo determinarse un vector mayor en el bucle del QRS, el vector mayor del bucle de la T se desvió del mismo hasta a 180° en sentido antihorario (o sea hacia adelante y arriba) en 15 ocasiones, en 1 caso coincidió con el mismo y en ocasiones se desvió hasta a 5° en sentido horario.

b) DIRECCIÓN DE INSCRIPCIÓN (*Fig. 6*). — Pudo realizarse esta determinación sea por observación de la pantalla del oscilos-

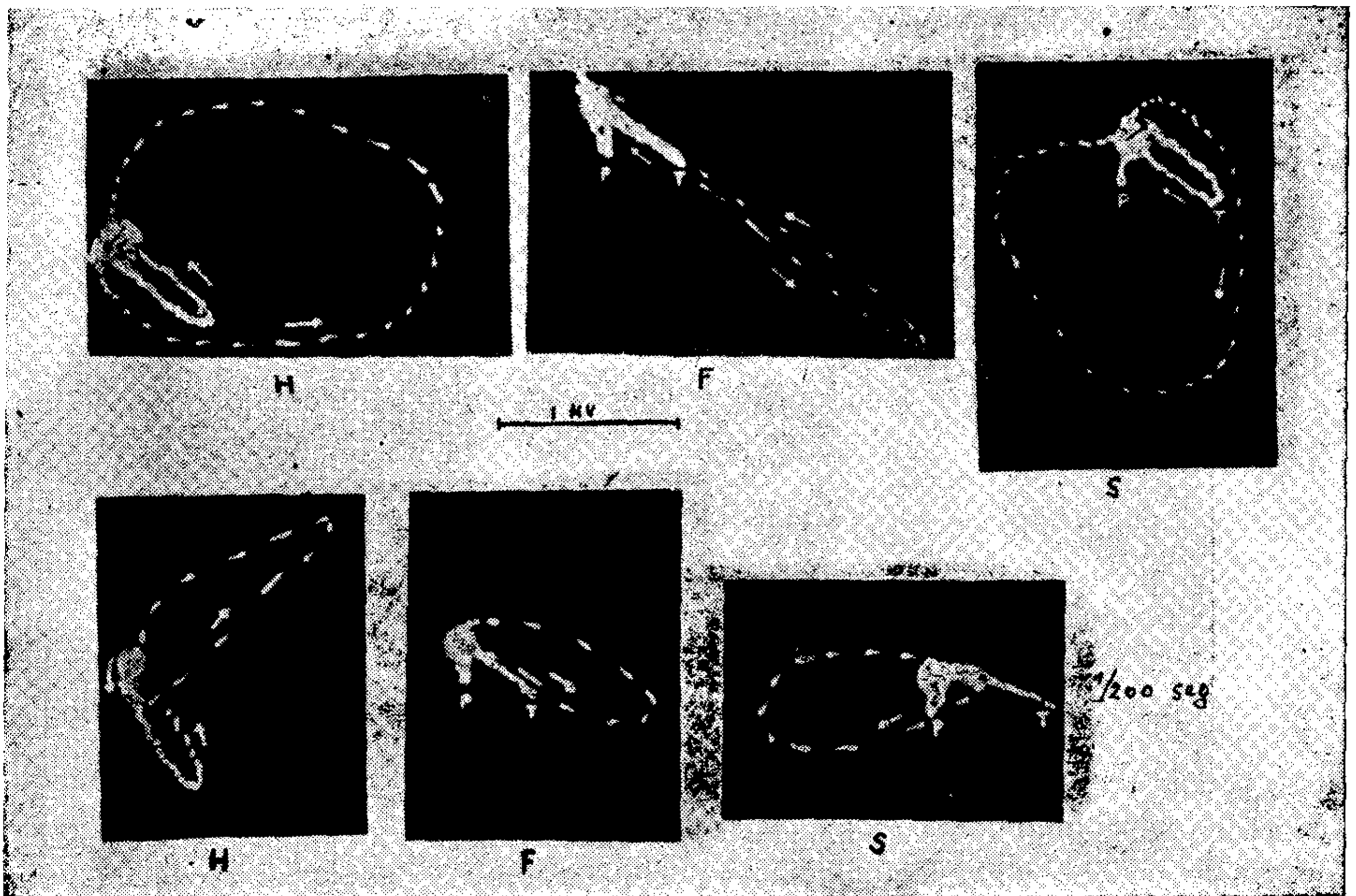


FIG. 6

copio o en algunas ocasiones en el registro fotográfico. En 25 ocasiones en que se pudo determinar en la proyección horizontal fué siempre antihorario. En el plano frontal fué 3 veces horario y 2 antihorario. En el plano sagital la dirección de inscripción fué siempre horaria en los 21 casos en que pudo determinarse, incluso en los 2 casos con rotación antihoraria del bucle del QRS (*Fig. 5*).

5. NIÑOS: En los 3 casos puede notarse que es mayor la porción del bucle del QRS situada por delante del punto isoeléctrico

que en los adultos (*Fig. 7*), siendo su relación con la porción situada por detrás de 1,16:1 contra 1:2,3 de los adultos. El bucle de la T tiene una orientación más posterior que en el adulto (-15 a -30° en el plano frontal; en el adulto nunca es menor de 0° ; y 100 a 120° en el plano sagital derecho: media del adulto: 50°). En uno de los

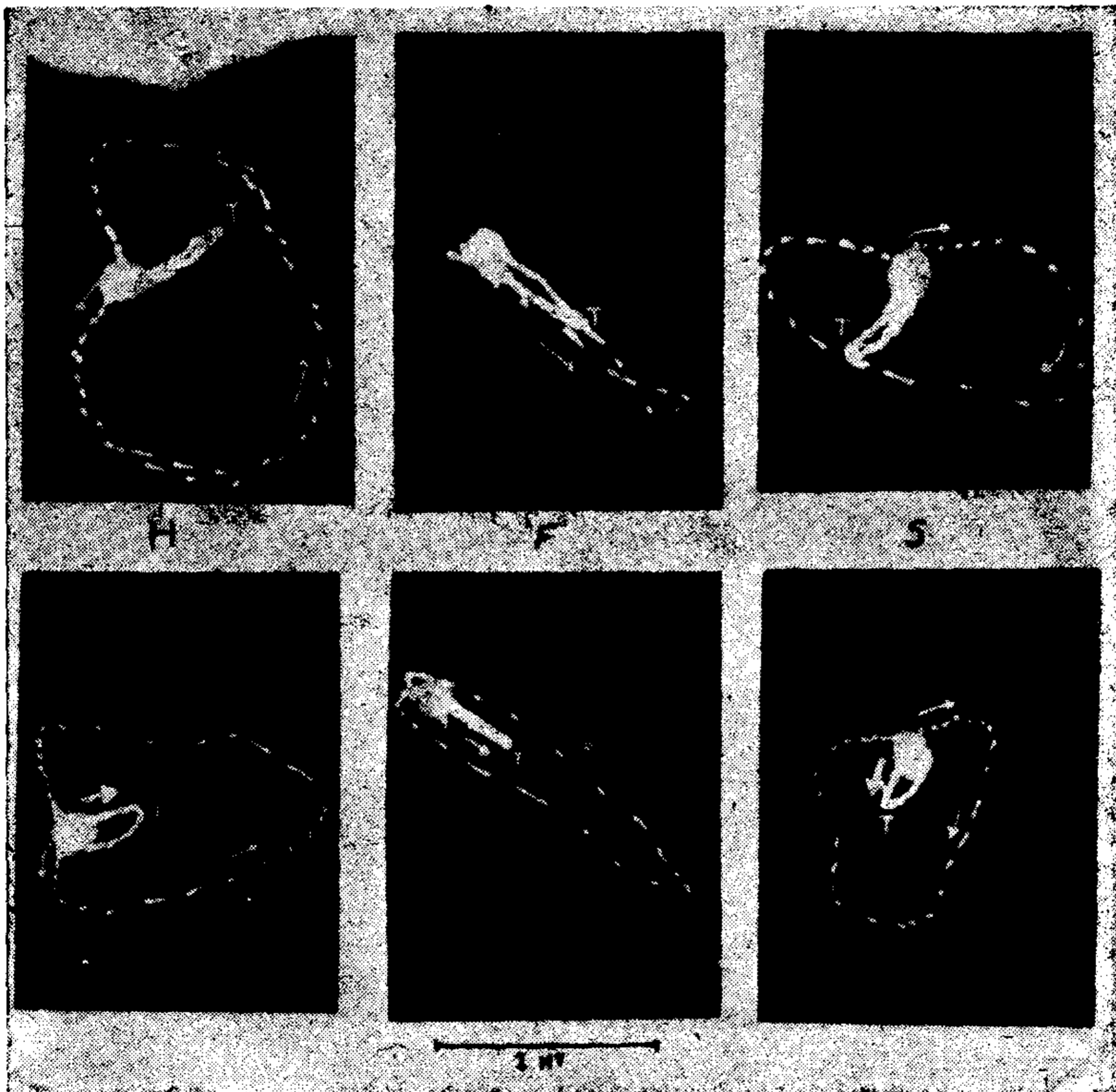


FIG. 7

casos (fila inferior de la *Fig. 7*) la dirección de inscripción del bucle de la T fué opuesta a la habitual, esto es, horaria en la proyección horizontal y antihoraria en la proyección sagital derecha.

DISCUSIÓN

Una de las características del sistema precordial de Frank es la de brindar potenciales más amplios que los obtenidos con los otros sistemas, lo que representa una doble ventaja: 1º) permite usar una amplificación menor (en nuestro caso $3,5 \text{ cms/mV}$) que la usada

habitualmente (5-8 o más cms/mV) reduciendo así el problema de las interferencias y del temblor muscular, y 2) facilita el análisis, no solamente del bucle del QRS, sino también de los bucles de la P y T, imposibles de estudiar con los otros sistemas, a menos de usar técnicas especiales.

Con respecto al bucle QRS obtenido con este sistema, predomina en general la forma groseramente triangular o circular, excepto en el plano frontal, siendo de destacar el voltaje amplio del componente anteroposterior, *pz*, proporcionalmente mayor que el obtenido con los sistemas usuales de vectocardiografía. Una característica similar se observa en los vectocardiogramas obtenidos con el empleo de bancos de electrodos en las superficies anterior y posterior del tórax (Abildskov y Pence¹⁵).

Con bastante frecuencia existe un vector RS-T no presente en los sistemas habituales de vectocardiografía; vinculamos el mismo con la influencia predominante en la derivación anteroposterior del electrodo retroesternal y la conocida frecuencia de la elevación del segmento RS-T en las derivaciones precordiales derechas del electrocardiograma escalar.

Con respecto a la orientación del bucle de la T cabe hacer notar la gran desviación angular que presenta frecuentemente con relación al bucle del QRS, mucho más acentuada que la observada en los otros sistemas. Es de hacer notar que Frank ha demostrado experimentalmente la exactitud de su sistema tan sólo en lo que respecta al QRS, presumiendo, sin embargo, que puede ser igualmente exacto para la T, siempre que el centro de la actividad de esta onda no difiera mucho del punto de origen del QRS, lo que no se ha demostrado. En cuanto al bucle de la P es probable que tenga menos probabilidades de error con éste como con los otros sistemas, dada la situación más céntrica de las aurículas.

La dirección de inscripción es la misma para los 3 bucles en los planos horizontal (antihoraria) y sagital (horaria; 2 excepciones en el bucle QRS), en tanto que en el plano frontal es siempre antihoraria en el bucle de la P y variable en los bucles QRS y T.

El vectocardiograma de tres niños mostró una porción mayor del bucle QRS situada por delante de la isoeléctrica y un bucle de T dirigido más hacia atrás y a la izquierda que en los adultos. Esta orientación distinta se vincula seguramente con la conocida inversión de la onda T en las derivaciones precordiales derechas a esta

edad. Una observación interesante fué el hallazgo en uno de los casos (niño de 12 años) de un bucle de T que se inscribía en dirección opuesta a la habitual, es decir horaria en el plano horizontal y antihoraria en el plano sagital derecho. Otro de los niños tenía también un bucle de inscripción antihoraria en el plano sagital derecho, pero el mismo era muy angosto, casi linear.

Este estudio, realizado en un número más bien limitado de casos, no se relaciona, desde luego, con la validez de los principios en que se funda, sino que ha tenido por objeto determinar las características clínicas de este nuevo sistema de vectocardiografía, en los casos normales. Tiene al menos un inconveniente cual es la posición crítica de los electrodos torácicos, que hace que dos vectocardiogramas del mismo sujeto obtenidos en distintas ocasiones puedan no ser iguales entre sí.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se registró el vectocardiograma espacial en 41 sujetos normales (de los que 3 eran niños) mediante el método "precordial" de Frank, que utiliza siete electrodos, y que según su autor provee una representación cuantitativamente más exacta del vector cardíaco que los otros métodos hasta ahora empleados. Se observó que los potenciales son más amplios que con los otros sistemas lo que permite reducir las interferencias y facilita el análisis de los bucles P y T. El bucle QRS tiene en las proyecciones horizontal y sagital derecha una configuración groseramente circular o triangular, destacándose la gran magnitud del componente ánteroposterior, pz . Con cierta frecuencia se observó un vector RS-T en las proyecciones horizontal y sagital. El bucle T presentó una desviación angular con respecto al bucle QRS más marcada que la observada en otros sistemas. La dirección de inscripción fué la misma en los 3 bucles, P, QRS y T en las proyecciones horizontal (antihoraria) y sagital derecha (horaria) con 2 excepciones, en tanto que en el plano frontal fué siempre antihoraria la del bucle P y variable la de los bucles QRS y T. En los niños se observó que una porción mayor del bucle QRS estaba por delante de la isoeléctrica y que el bucle de la T estaba dirigido más hacia la izquierda y atrás que en los adultos. En uno de los niños el bucle de T se inscribió en dirección opuesta a la habitual en las proyecciones horizontal y sagital. Un inconveniente

de este sistema es la posición más bien crítica de los electrodos torácicos lo que puede dar lugar a que dos vectocardiogramas obtenidos en distintas ocasiones en el mismo sujeto, no sean iguales entre sí.

B I B L I O G R A F I A

1. Frank, E. — Am. Heart J., 1954, 47, 757.
2. Schaffer, A. I. and Beinfield, W. H. — Am. Heart J. 1952, 44, 89.
3. Schaffer, A. I., Bergmann, P. G., Boyd, L. J., Mirkinson A. and Beinfield W. H. — Am. Heart J. 1953, 45, 448.
4. Schaffer, A. I. — Am. Heart J. 1956, 51, 588.
5. Helm, R. A. — Am. Heart J. 1955, 49, 135.
6. Brody, D. A. — Am. Heart J. 1954, 48, 730.
7. Frank, E. — Circulation, 1954, 10, 101.
8. Frank, E., Kay, C. F., Seiden, G. E. and Keisman, R. A. — Circulation 1955, 12, 406.
9. Frank, E. — Circulation 1956, 13, 737.
10. Frank, E. and Seiden, G. E. — Circulation 1956, 14, 83.
11. McFee, R. and Johnston, F. D. — Circulation 1953, 8, 554.
12. McFee, A. and Johnston, F. D. — Circulation 1954, 9, 255.
13. McFee, R. and Johnston, F. D. — Circulation 1954, 9, 868.
14. Reynolds, E. W., Cordes, J. F., Willis, P. W. and Johnston, F. D. — Circulation 1956, 14, 48.
15. Abildskov, J. A. and Pence, E. D. — Circulation 1956, 13:263.

R E S U M É

On enregistra le vectocardiogramme spatial dans 41 sujets normaux (3 étaient des enfants) par la méthode "précordiale" de Frank, qui utilise sept électrodes. On observa que les potentiels sont plus amples qu'avec les autres systèmes, ce qui permet de réduire les interférences, et facilite l'analyse des boucles P et T. La boucle QRS a dans les projections horizontales et sagitales droites, une configuration grossièrement circulaire ou triangulaire, détachant la grande magnitude du composant antériopostérieur, pz . On observa assez souvent un vecteur RS-T dans les projections horizontales et sagitales. La boucle T présenta une déviation angulaire en rapport avec la boucle QRS plus marquée que celle observée dans d'autres systèmes. La direction de l'inscription fut toujours la même (sauf deux exceptions) dans les 3 boucles, P, QRS et T dans les projections horizontales (anti-horaire) et sagitale droite (horaire), tandis que dans le plan frontal fut toujours antihoraire pour la boucle, et variable pour les boucles QRS et T.

On observa chez les enfants qu'une portion plus grande de la boucle QRS était par devant l'iso-électrique et que la boucle de T était dirigée plus vers la gauche et plus en arrière que chez les adults. Chez un des enfants le boucle T s'inscrivait en direction opposée à l'habituelle dans les projections horizontales

C. GENTILE

et sagitales. Un inconvénient de ce système est la position plutôt critique des électrodes thoraciques, ce qui peut donner lieu à inégalités dans les vectocardiogrammes obtenus en différentes occasions chez le même sujet.

SUMMARY

The spatial vectorcardiogram (VCG) was obtained in 41 normal cases, including 3 children; the precordial method of Frank involving 7 electrodes was used. Amplitude was higher than with other methods. The QRS loop shows a rounded or triangular shape in the horizontal or sagittal projections and an RS-T vector was sometimes seen in these projections. The angle between the QRS and the T loops was wider than in other systems. The P, QRS and T loops rotated anti-clockwise in the horizontal plane and clockwise in the right sagittal projections (with two exceptions). In the frontal plane, the P loop was inscribed anti-clockwise while the QRS and T loops varied. The VCG in the children differed from the adults.

A criticism to the Frank system can be raised since the electrodes must be very accurately located, otherwise repeated VCG may differ in the same subject.

ZUSAMMENFASSUNG

Das räumliche Vektokardiogramm wurde in 41 normalen Fällen (3 Kinder) aufgenommen mittels der präkordialen Methode von Frank, welche 7 Elektroden verwendet. Es wurde beobachtet dass die Potentiale weiter waren als mit anderen Systemen was erlaubt die Interferenzen zu reduzieren und erleichtert die Auslegung der Buckel P und T. Der QRS-Buckel hat in der horizontalen und rechten sagitalen Projektion eine gross zirkuläre und dreieckige Konfiguration und es fällt die Grösse der anteroposterioren Komponente auf, pz. Mit gewisser Häufigkeit beobachtete man einen Vektor RS-T in der horizontalen und sagitalen Projektion. Der T-Buckel zeigte eine winkelige Abweichung in Hinsicht auf den QRS-Buckel, welcher stärker markiert war als in anderen Systemen, Die Inscriptioensrichtung war dieselbe bei den 3 Buckels P, QRS, und T in der horizontalen Projektionen (Im Gegensinne des Uhrzeigers) und rechts sagitalen (im Sinn des Uhrzeigers) mit 2 Ausnahmen, während in der frontalen Ebene die der Buckels P immer in Gegensinne des Uhrzeigers war und variierte die der Buckel QRS und T. Bei Kindern beobachtets man dass ein grösserer Anteil der Buckel QRS vor der Isoelektrischen lag und dass der T-Buckel mehr nach links hinten gerichtet war als bei Erwachsenen. Bei einem der Kinder trat der T-Buckel in einer der normalen entgegengesetzten Richtung auf in der horizontalen und sagitalen Projektion. Ein Nachteil dieses Systems ist die eher kritische Lage der Thorax-Elektroden was dazu führen kann dass 2 Vektokardiogramme die bei derselben Person in 2 verschiedenen Gelegenheiten erhalten sind, untereinander verschieden sind.