

Los trazados electrocardiográficos simultáneos

POR EL DOCTOR

JOSE COMAS

Adscripto a la Cátedra de Patología Médica

Sumario. — 1. Consideraciones generales sobre los trazados electrocardiográficos con inscripción simultánea de dos o más derivaciones. - 2. Trazados simultáneos efectuados con aparatos de inscripción directa; condiciones que hay que respetar para que no se produzcan interferencias y deformaciones. - 3. Con los aparatos modernos, provistos de amplificador las inscripciones simultáneas resultan más fáciles. - 4. Procedimiento utilizado por el autor para simplificar la obtención de trazados simultáneos en los aparatos de inscripción directa.

1.—Los electrocardiogramas con inscripción simultánea de dos o más derivaciones ofrecen numerosas ventajas de carácter teórico y práctico, que facilitan de un modo indudable la correcta y segura interpretación de los trazados. Determinar con exactitud cuales son las desviaciones que se producen en momentos sincrónicos de la revolución cardíaca, establecer en las distintas derivaciones cuales son los extrasístoles que tienen un mismo origen y puntualizar el diagnóstico de algunas formas de aleteo auricular, constituyen sólo algunos ejemplos de los muchos que podría citar y sobre los cuales me extenderé en otra oportunidad presentando casos tomados de la práctica. Pero en estas páginas me propongo encarar el asunto desde un punto de vista puramente técnico, exponiendo el ensayo de numerosas experiencias personales.

Parece raro, a primera vista, que a pesar de las numerosas ventajas que ofrecen las inscripciones simultáneas, su empleo no se halle extendido; en efecto, son pocas las publicaciones nacionales o extranjeras en las que se presenten trazados de este tipo. En nuestro país, donde la electrocardiografía cuenta con entusiastas y calificados cultores, sólo se han publicado algunos electrocardiogramas donde aparezcan dos derivaciones obtenidas simultáneamente;

en trabajos de Castellano, Padilla, Cossio, Bosco, Battro y otros autores es posible encontrar algunos ejemplos, pero no muy numerosos.

Posiblemente, el precio elevado de las instalaciones necesarias para trabajos de esa índole, no sea el factor que más haya influido para retardar su incorporación a la clínica. Es sobre todo la complejidad de su técnica la que impide la difusión de los instrumentos preparados para inscripción doble o triple; mantener un electrocardiógrafo simple en perfectas condiciones de funcionamiento ocasiona gastos y preocupaciones; cuando los galvanómetros son

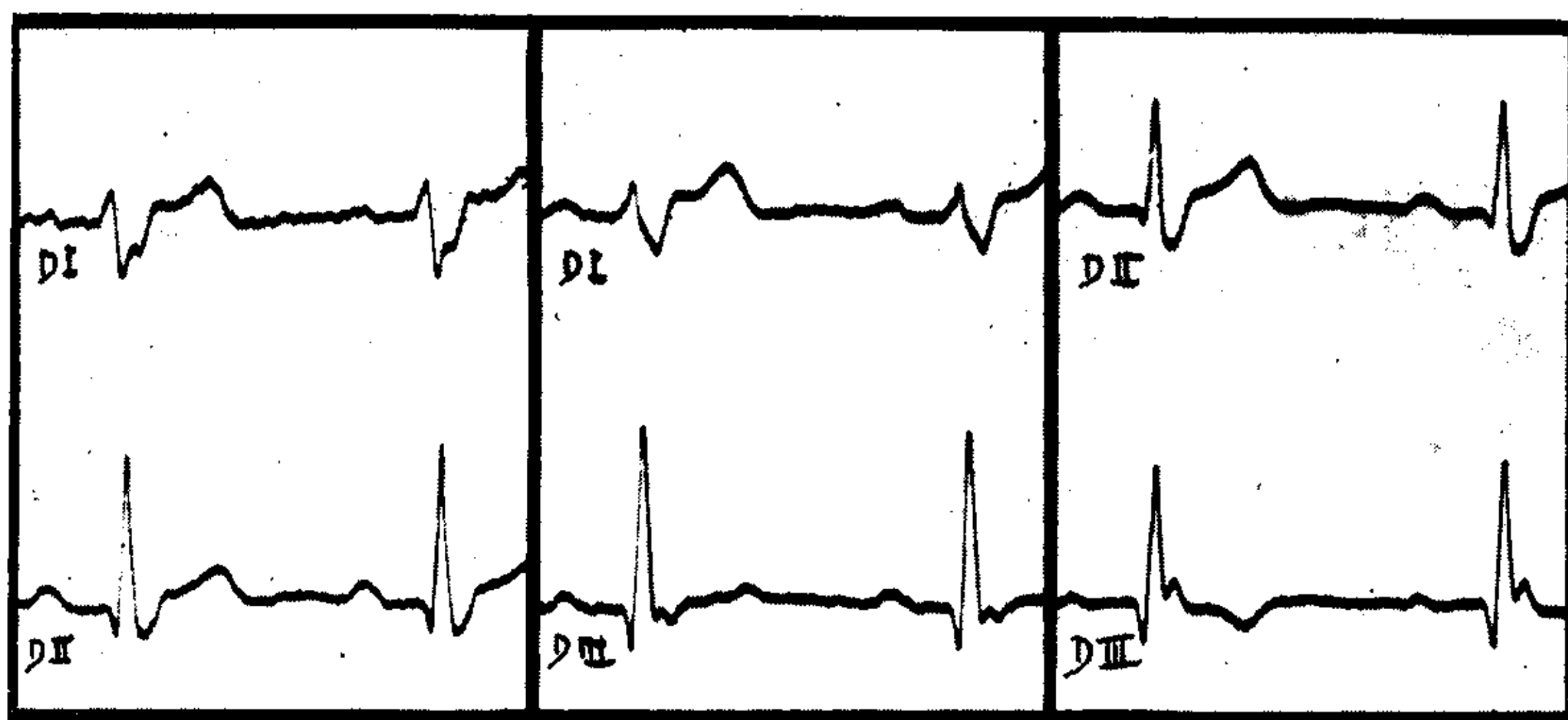


FIG. N^o 1. — Deformaciones producidas en la inscripción simultánea de dos derivaciones, utilizando un aparato sin amplificador. Obsérvese en la derivación III, los cambios producidos, según se obtenga simultáneamente con DI o DII. Estas alteraciones pueden evitarse con técnicas especiales que se describen en el texto.

dos, tres o cuatro, las dificultades aumentan en la misma proporción y las probabilidades de mantener todo en orden disminuyen.

Existe otro factor, también de alguna importancia; en la mayor parte de los instrumentos actualmente en uso, se producen con frecuencia deformaciones de las curvas al tomar simultáneamente dos o tres derivaciones; en la figura N^o 1 puede observarse que la derivación III cambia de forma y de tamaño, según se tome con la I o II; la onda "T" es negativa en un caso y positiva en otro. Estas deformaciones se atenúan mucho, empleando una buena técnica en la colocación de los electrodos y pueden llegar a suprimirse del todo mediante procedimientos que indicaré más adelante.

2.—Hace varios años, Einthoven, Bergansius y Bijtel ¹

establecieron que para obtener dos inscripciones eléctricas simultáneas, sin que se produzcan interferencias o deformaciones de los trazados, es necesario igualar la resistencia ofrecida por el organismo en las dos derivaciones (incluyendo los electrodos); los galvanómetros empleados deben también poseer idéntica resistencia; además, para obtener curvas con la amplitud "standard" de un centímetro por milivoltio, hay que regular la sensibilidad, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$1 + \frac{1}{2g}$$

donde "1" es la resistencia de la derivación y "g" la del galvanómetro.

No me propongo reproducir las consideraciones teóricas sobre las cuales los autores fundamentan su exposición, ni tampoco las deducciones prácticas derivadas de la misma; los que deseen profundizar el punto pueden consultar el trabajo original donde hallarán una detenida exposición del tema.

Lo único que deseo recordar es que la publicación mencionada se refiere solamente a los electrocardiógrafos de inscripción directa, como ser los que utilizan galvanómetro de cuerda o de cuadro móvil. Cuando se escribió ese trabajo todavía no se aplicaba el amplificador termiónico a la electrocardiografía. La resistencia relativamente baja (2.000 a 10.000 ohmios) de los galvanómetros, conectada directamente en paralelo con una porción del organismo, constituye una derivación suplementaria para la corriente eléctrica generada a nivel del músculo cardíaco. Por tal razón, si no se respetan las condiciones establecidas más arriba, se produce un desequilibrio en la distribución de la corriente eléctrica cardíaca, obteniéndose trazados cuya forma y tamaño pueden hallarse muy alterados.

El cumplimiento de los requisitos mencionados exige mediciones y cálculos que si bien son fáciles de realizar en un laboratorio de experimentación bien organizado, resultan demasiado largos y engorrosos para la clínica. Probablemente es por esa razón, más que por el costo elevado de las instalaciones, que los trazados simultáneos se utilizan escasamente en la práctica privada y hospitalaria. Los pocos aparatos provistos de doble galvanómetro que se encuentran en uso, son manejados generalmente en forma deficiente, ob-

teniéndose en los casos comunes las tres derivaciones por separado, para estudiar la forma general de los trazados y la orientación del eje eléctrico; solamente en algunos tipos de arritmia de interpretación difícil se obtiene después inscripciones simultánea sin prestar mayor atención a los detalles de técnica ni a las deformaciones que puedan producirse.

3.—En los últimos años se ha estudiado y puesto a punto un tipo de electrocardiógrafo basado en principios nuevos (Siemens portátil, Victor y similares). En vez del galvanómetro sensible y delicado usado únicamente hasta entonces, se emplea un oscilógrafo robusto, precedido de un amplificador eléctrico construído a base de válvulas termiónicas de tres electrodos, similares a las utilizadas en radiotelefonía. Se ha discutido mucho si el nuevo instrumento es mejor o peor que el antiguo y no se ha llegado todavía a un acuerdo, aunque es indudable que el amplificador va ganando terreno. Sin ánimo de terciar en la controversia, en lo que se refiere a los aparatos simples, deseo poner en evidencia que para las inscripciones simultáneas presenta ventajas que lo hacen insubstituible.

La entrada del amplificador, construída por la grilla y el filamento de la primera válvula, ofrece una resistencia muy elevada, que prácticamente, para nuestros fines, puede considerarse como infinita. Aplicando la fórmula establecida por Einthoven, Bergansius y Bijtel y considerando que "G" (resistencia del galvanómetro) es una cantidad infinita

$$1 + \frac{1}{2g} = 1 + \frac{1}{2\infty} = 1 + 0 = 1$$

resulta que no hay que modificar el valor de la "standardización" pudiendo ser la misma al inscribir una o dos derivaciones, sin que varíe la amplitud de los trazados. También por su enorme resistencia es posible conectarla al organismo sin que se produzca derivación de corriente; por lo tanto aunque utilicemos dos o más amplificadores simultáneamente, la distribución de la corriente cardíaca no se alterará en lo más mínimo; podemos prescindir de toda medición y no tomar en cuenta la resistencia de los electrodos ni la del organismo.

Basándome en estos principios he realizado una numerosa se-

rie de experiencias, utilizando un aparato provisto de tres galvanómetros Siemens-Halske, provistos de sus correspondientes amplificadores termiónicos. Los trazados son exactamente iguales si las tres derivaciones se toman juntas o separadas. En las figuras 2 y 3 ilustró un ejemplo, al que he agregado inscripciones obtenidas con elec-

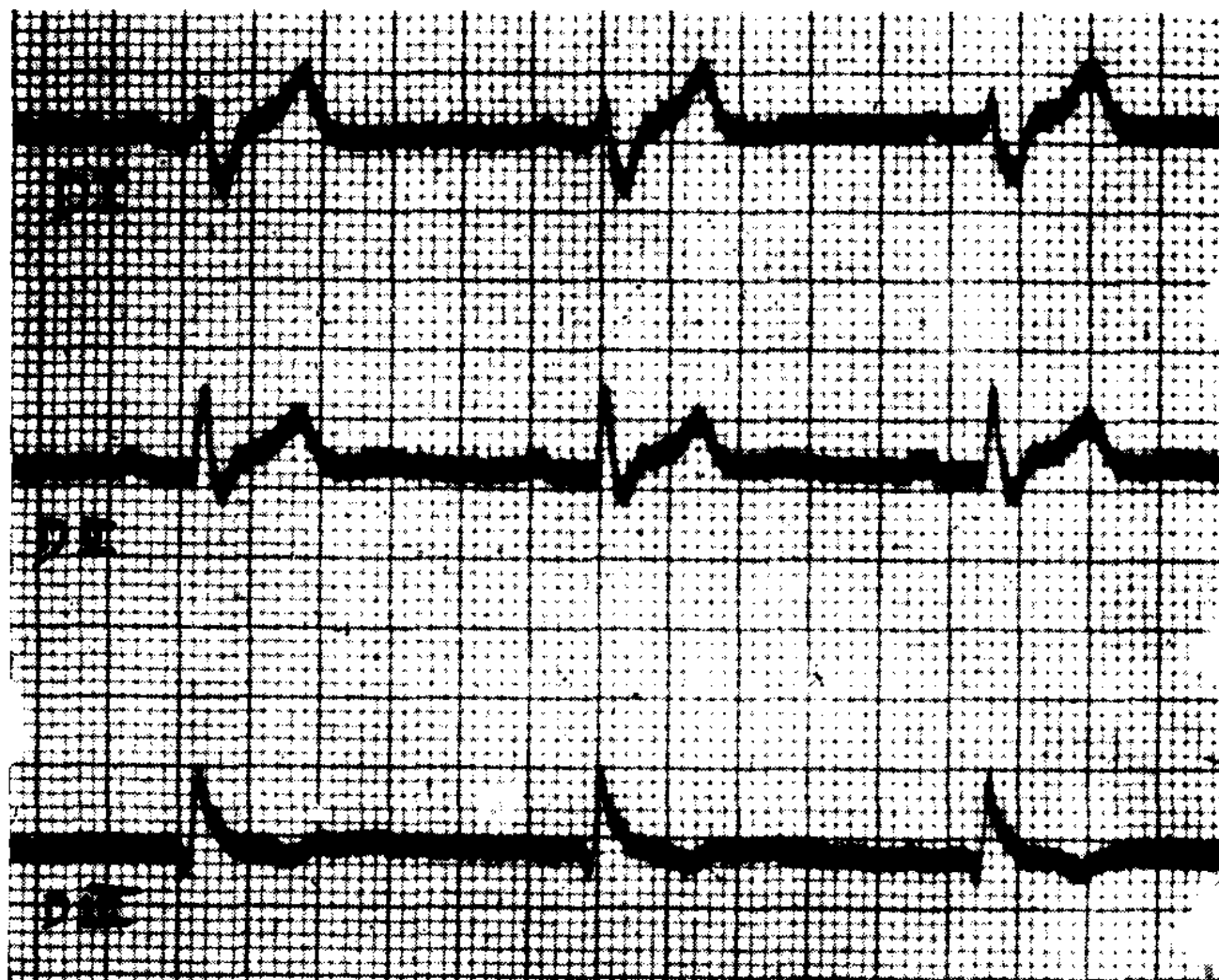


FIG. N° 2. — Trazado simultáneo de las tres derivaciones obtenido por medio de tres galvanómetros Siemens-Halske con sus correspondientes amplificadores termiónicos.

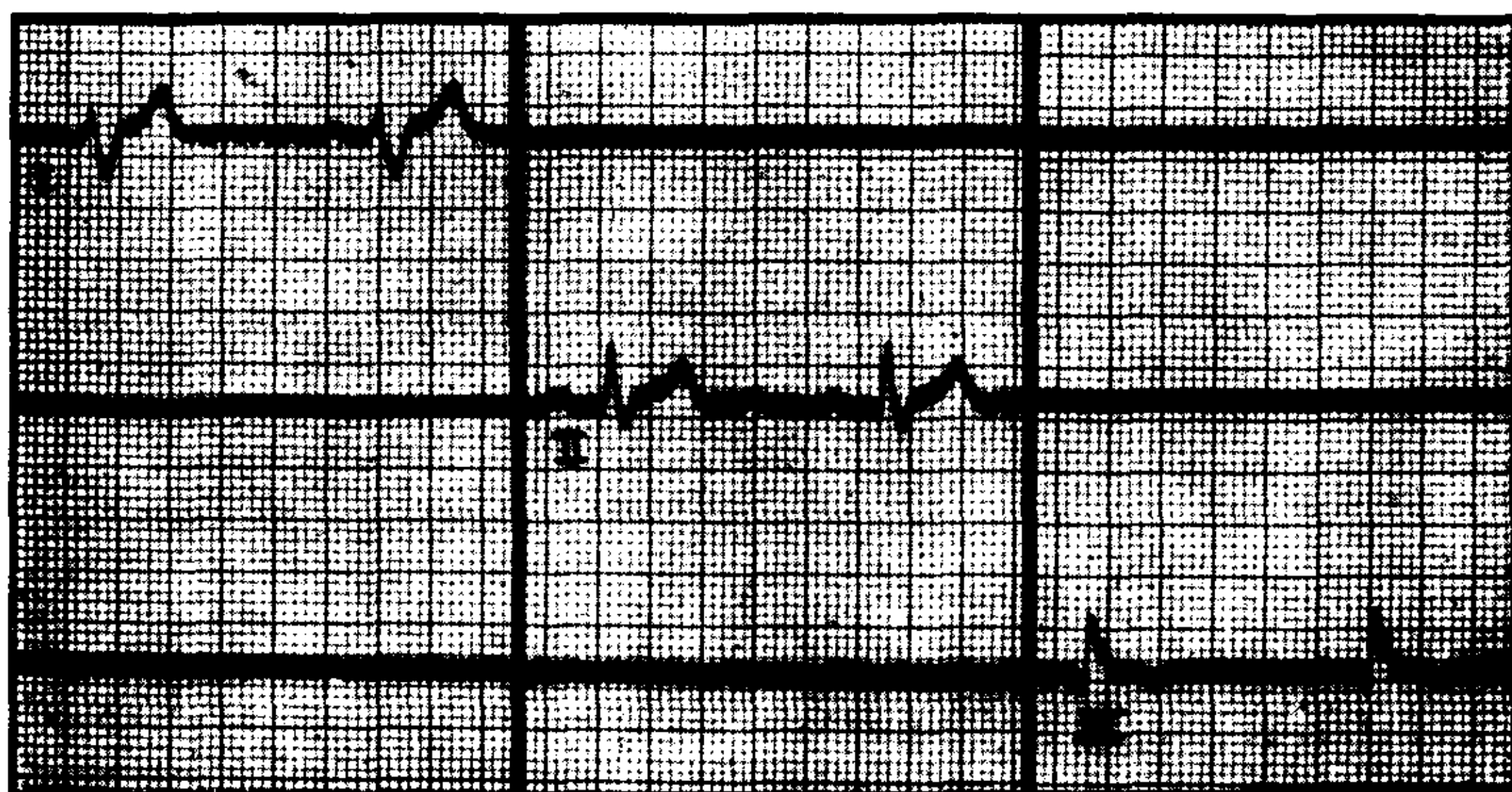


FIG. N° 3. — Se han obtenido las tres derivaciones por separado con el mismo aparato de la figura anterior, para demostrar que la forma y tamaño de las ondas del trazado no ha variado.

trocardiógrafos de otras dos marcas distintas. Puede observarse que las diferencias anotadas son muy pequeñas, sin importancia práctica, dependiendo de cambios en la posición del sujeto y de variantes mecánicas en la construcción de los galvanómetros. En todos los casos he utilizado electrodos no polarizables, bien colocados, pero sin efectuar medición alguna.

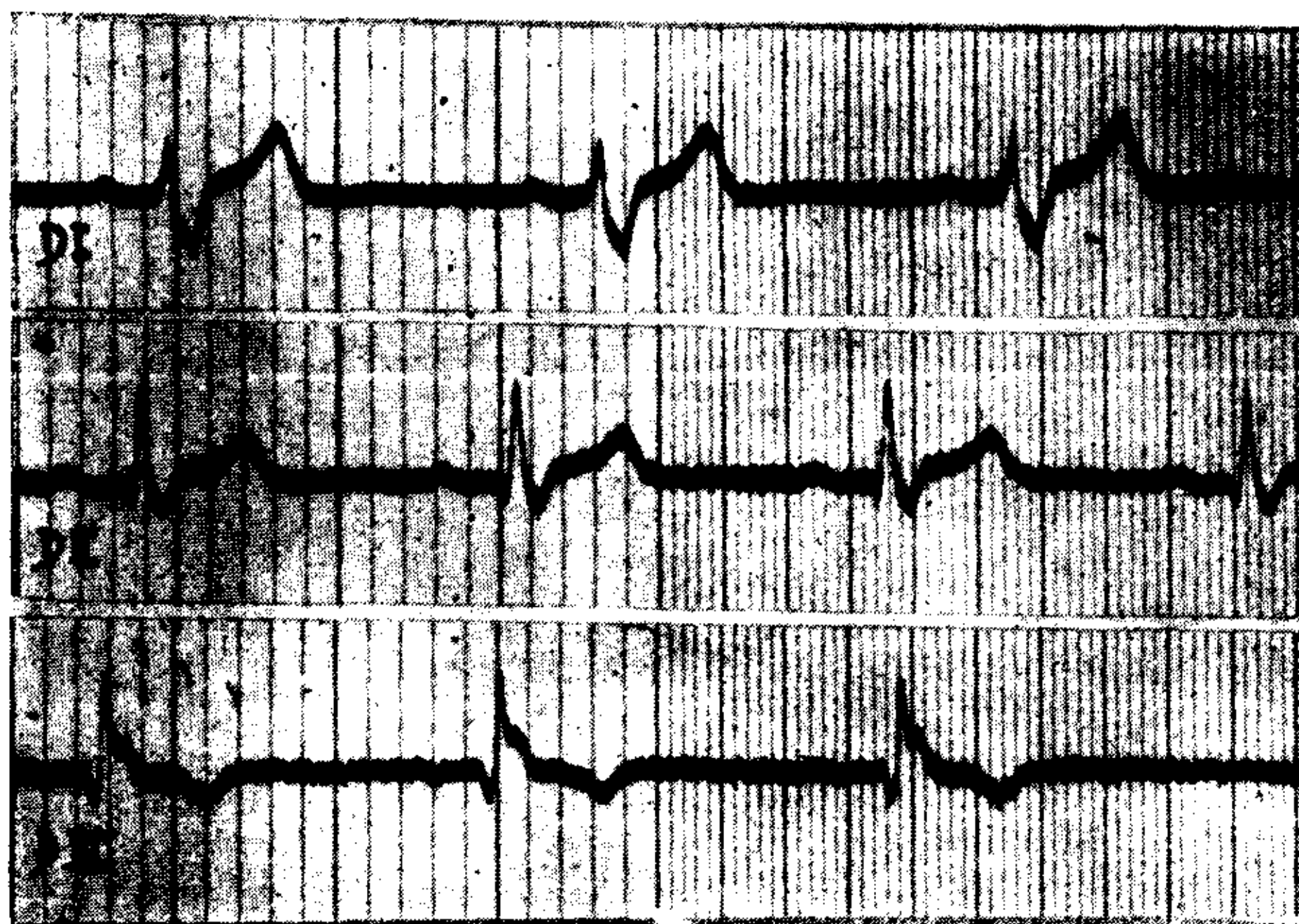


FIG. N° 4. — El mismo enfermo de las figuras anteriores ha sido estudiado por un electrocardiógrafo con amplificador, de una acreditada marca norteamericana.



FIG. N° 5. — El mismo sujeto de las figuras anteriores se ha utilizado para obtener este trazado con un electrocardiógrafo con galvanómetro de cuerda de una conocida casa francesa.

Cuando sea necesario inscribir dos derivaciones simuláneas y no se disponga de un aparato especial, pueden utilizarse dos electrocardiógrafos simples con amplificador, conectados en la forma habitual, empleando un electrodo común y todas las baterías independientes. Se obtendrán buenos resultados, pero nunca se tendrá seguridad absoluta respecto al sincronismo de las dos curvas, porque los mecanismos de relojería que accionan la película o papel, casi nunca coinciden completamente en sus velocidades respectivas.

4.—De lo expuesto anteriormente, se deduce que la superioridad de los instrumentos provistos de amplificador, sobre los de inscripción directa, depende exclusivamente, en lo que se refiere a los trazados simultáneos, de la resistencia opuesta por la primera válvula del amplificador. Es lógico suponer, que intercalando válvulas termiónicas entre los electrodos y los galvanómetros, obtendríamos con los aparatos antiguos las mismas ventajas que con los modernos. La realización práctica de este principio ofrece algunas dificultades, entre las cuales la de solución más difícil consiste en eliminar la corriente continua que debe circular por la salida de la válvula, sin utilizar transformadores ni impedancias, que se adaptan mal a la baja frecuencia de las oscilaciones del trazado. Esta dificultad, no se presenta en los oscilógrafos preparados para funcionar a la salida de un amplificador, pero constituye un escollo muy serio para los galvanómetros de gran sensibilidad que sólo toleran intensidades pequeñísimas, pudiendo inutilizarse si se exceden ciertos límites.

Después de numerosos ensayos, he diseñado el dispositivo cuyo esquema aparece en la figura N° 6; consta de dos audiones y varias resistencias, pudiendo utilizarse un solo juego de baterías para las dos válvulas; el voltaje de la pila de 45 v. se divide entre la resistencia de placa (R_1) y la válvula (que actúa como otra resistencia); la conexión variable "b" debe efectuarse sobre la batería de 45 v. de tal modo que su voltaje coincida exactamente con el del punto "a"; en esa forma entre "a" y "b" no circula corriente, mientras la válvula no recibe excitación; pero al aplicar una diferencia de potencial sobre la grilla, la resistencia interna de la válvula varía y el punto "a" deja de ser igual a "b", produciéndose un paso de corriente por el galvanómetro, en forma proporcional a la excitación recibida por la grilla. La resistencia 2. modifica la sensibilidad ("standardización").

Cuando el dispositivo está bien equilibrado, puede conectarse un condensador de gran capacidad en serie con el galvanómetro (marcado con línea punteada

en el esquema); en esta forma la compensación de la corriente de piel se realizará automáticamente como ocurre en los electrocardiógrafos provistos de amplificador.

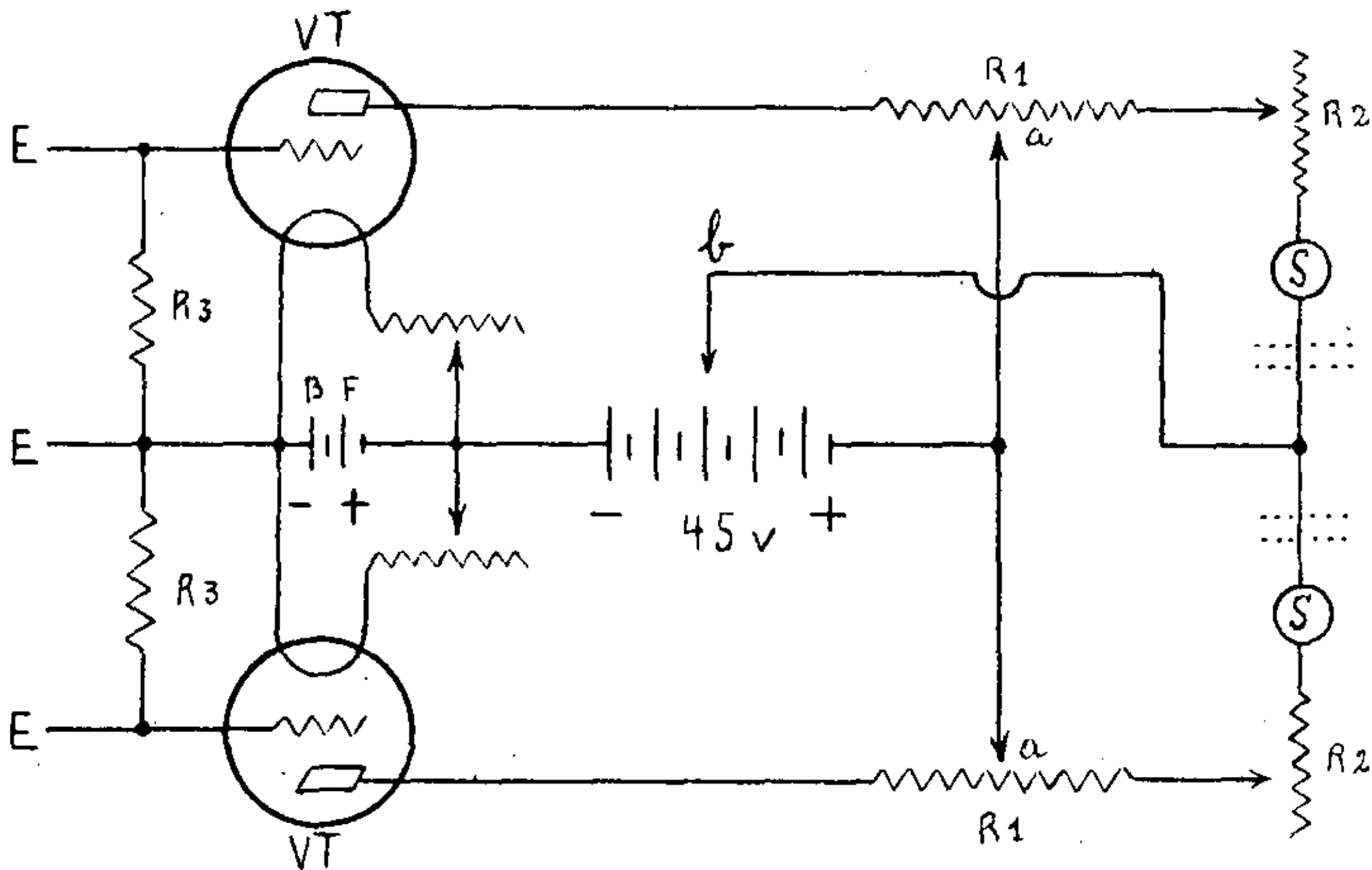


FIG. N° 6. — Plano de conexiones del dispositivo utilizado por el autor para facilitar la obtención de trazados simultáneos en un electrocardiógrafo de tipo antiguo. VT - Válvula termiónica. R1 - Resistencia de placa. R2 - Resistencia utilizada para regular la sensibilidad ("standardización"). R3 - Resistencia destinada a negativizar la grilla. BF - Batería de filamento. C - Condensador (opcional). 45 v - Pila seca de 45 voltios. E - Conexión para los electrodos. S - Galvanómetros. "a" y "b" - Puntos del circuito que deben mantenerse a igual voltaje, para que no circule corriente, si la válvula no recibe excitación.

Creo innecesario entrar en mayores detalles, porque para quienes estén familiarizados con circuitos eléctricos bastará el esquema con su leyenda; en cambio para los otros necesitaría una larga exposición inadecuada para este lugar. Sólo recomendaré que al efectuar los primeros ensayos se conecte una resistencia alta (un megohmio por ejemplo) en serie con el galvanómetro, para evitar que puede recibir un exceso de corriente e inutilizarse; poco a poco se disminuye después hasta suprimirse del todo, a medida que el ajuste prospere.

He realizado varios ensayos con un instrumento Siemens, modelo grande, provisto de dos galvanómetros (denominados sistemas). Los resultados han sido buenos; en la figura N° 7 muestro trazados del mismo enfermo que ha servido para ilustrar el ejemplo anterior. Puede verse que realizando las tres combinaciones posibles con dos derivaciones, las curvas no muestran deformación alguna. El manejo del instrumento resulta ligeramente más complicado, pero se economiza papel fotográfico y los resultados mejoran notablemente; obteniendo solamente las combinaciones I-II

y I-III se tiene el enfermo perfectamente estudiado, siendo innecesario obtener las derivaciones por separado, como se acostumbra.

No he tenido oportunidad de ensayar el procedimiento con un aparato provisto de doble galvanómetro de cuerda, pero supongo

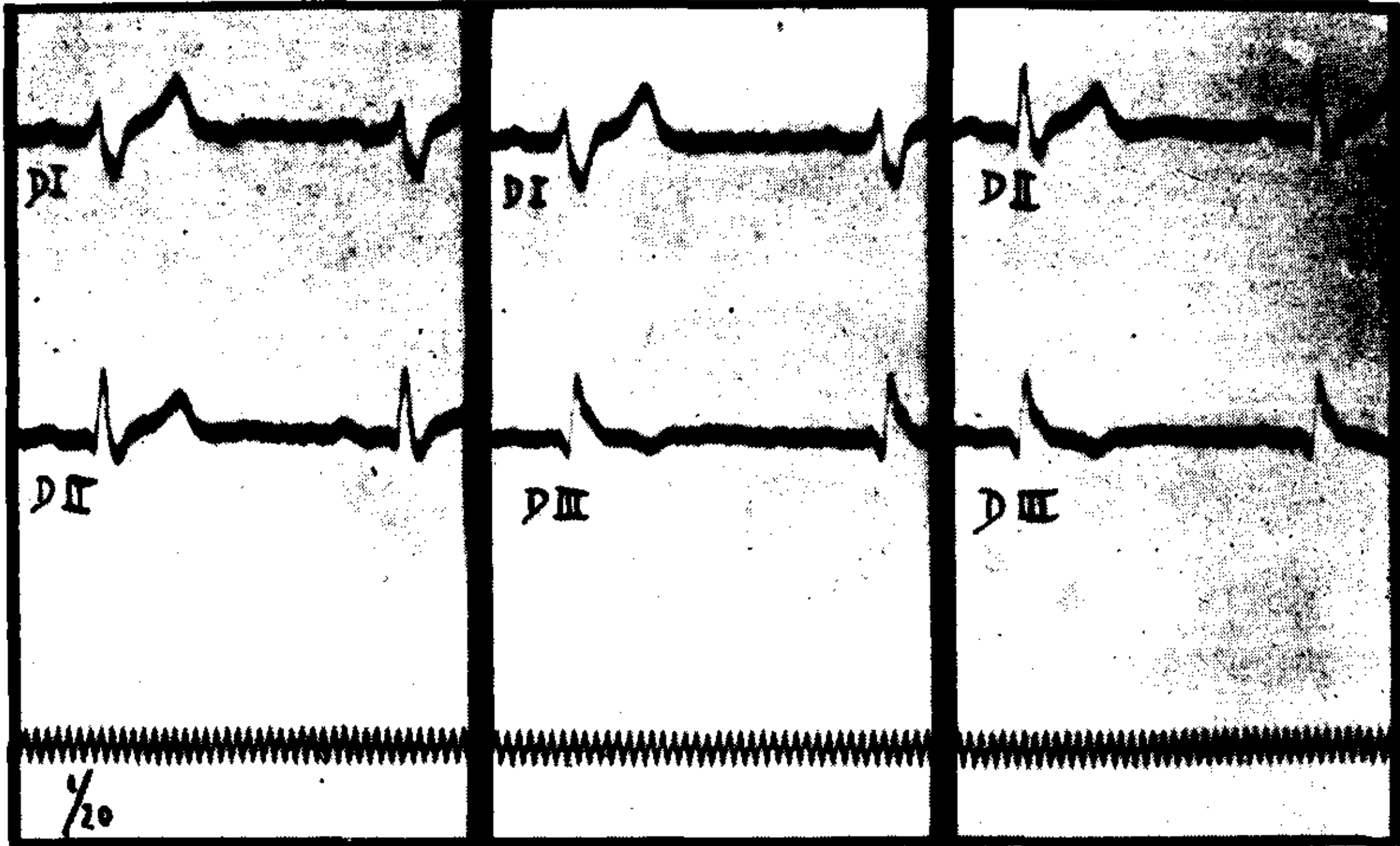


FIG. N° 7. — Trazados simultáneos en DI-DII, DI-DIII y DII-DIII obtenidos por medio del dispositivo de la figura anterior. Corresponden al mismo enfermo utilizado en los ejemplos anteriores.

que los resultados tienen que ser igualmente buenos, con la ventaja de que no sería necesario variar la tensión de la cuerda para regular la sensibilidad; esta circunstancia nos permitiría hacerla trabajar siempre en su grado óptimo de tensión.

RESUMEN

En los electrocardiógrafos de gran sensibilidad, desprovistos de amplificador, la inscripción de trazados simultáneos en dos o más derivaciones requiere ciertas precauciones para evitar la deformación de las curvas; es necesario efectuar mediciones, cálculos y correcciones que en la práctica corriente no son fáciles de realizar.

En cambio, utilizando aparatos con amplificador termiónico, no se producen deformaciones aunque se obtengan varias curvas simultáneamente; eso se debe a la elevada resistencia eléctrica que presenta la entrada del amplificador. El autor ha ideado un dispositivo mediante el cual se interpone una válvula entre los electrodos y el

galvanómetro, con lo que se confiere a los aparatos de modelo antiguo, todas las ventajas que presentan, para los fines de la inscripción simultánea de dos o más derivaciones, los electrocardiógrafos modernos provistos de amplificador termiónico.

BIBLIOGRAFIA

1. EINTHOVEN W., BERGANSIUS F. L. Y BIJTEL J. — "Die gleichzeitige Registrierung elektrischer Erscheinungen mittels zwei oder mehr Galvanometer und ihre Anwendung auf die Elektrokardiographie". Archivf. d. ges. Physiol., 1916, CLXIV, 167-197.

RÉSUMÉ

Dans les electrocardiographes très sensibles et depourvus d'amplificateur, l'inscription des tracés simultanés, dans deux ou plus derivations, exige plusieurs precautions, si on veut éviter les deformations des courbes.

Il faut faire des meditions, des calculs et des corrections, que, dans la pratique courante, sont difficiles a réaliser; tandis que si on emploie des appareils avec amplificateur thermoionique, ces deformations ne se produisent pas, quoiqu'on obtient plusieurs courbes simultanées. Cela est dû a l'haute résistance électrique qui presente l'entrée de l'amplificateur.

L'auteur a crée un dispositif, moyennant lequel, on interpose une valve entre les electrodes et le galvanomètre, et de cette façon on donne aux vieux appareils, tous les avantages qu'offrent pour l'inscription, simultanée de deux ou plus derivations, les modernes electrocardiographes, munis d'amplificateur thermoionique.

SUMMARY

A devise in here desccribed which, by interposition of a valve between the electrodes, allows the possibility of simultaneusly obtaining two or more leads, without deformation, when string galvanometers are used to record the E.C.G.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Inschrift gleichzeitig aufgenommenener Kurven in zwei oder mehr Ableitungen mit Elektrokardiographen grosser Sensibilität ohne Amplifikator, erfordert einige Vorsichtsmassnahmen um die Deformation dieser zu verhindern. Es ist nötig Messungen, Berechnungen u. Korrekturen zu machen, die in der allkemeinan Praxis keine Schwierigkeiten bieten.

Gebraucht man hingegen Apparate mit Amplifikator, so bilden sich keine Deformationen obwohl man mehrere Kurven gleichzeitig erhält; der Grund hierzu besteht obwohl man mehrere Kurven gleichzeitig erhält; der Grund hierzu besteht in der hohen elektrischen Resistenz, welche sich am Eingang des Amplifikators befindet. Der Autor hat eine Vorrichtung erdacht, vermittels welcher man ein Ventil zwischen den Elektroden und dem Galvanometer einsetzt, womit man den Apparaten älteren Modells alle Vorzüge verleiht, welche für die gleichzeige Inschrift von zwei oder mehr Ableitungen die modernen Elektrokardiographen besitzen, die mit Amplifikator ausgestattet sind.