

# NUEVO METODO DE REGISTRO GRAFICO BASADO EN LA VARIACION DE UNA RESISTENCIA ELECTROLITICA \*

por los doctores

B. GÜNTHER y J. CONCHA

## I. — INTRODUCCIÓN

Los métodos de registro de las manifestaciones mecánicas de la actividad del sistema cardiovascular han sido perfeccionados en los últimos años. Se utilizaron inicialmente procedimientos mecánicos (Marey, 1860), más tarde ópticos (Frank, 1904; Wiggers, 1917 y Hamilton, 1934), y finalmente se ensayaron diferentes métodos basados en la transformación de la energía mecánica en eléctrica.

Para registrar la presión arterial se han preconizado los siguientes procedimientos:

A. — Modificación de la resistencia de una bobina de alambre de bismuto, que se desplaza dentro de un campo magnético (Hampel y Rein<sup>1</sup>).

B. — Manómetro con cristal piezoeléctrico (Macleod y Cohn<sup>2</sup>).

C. — Cambios de resistencia de un alambre al variar su tensión (Grundfest y col.<sup>3</sup>; Lambert y Wood<sup>4</sup>).

D. — Variación de la inductancia de dos bobinas, que al moverse conjuntamente con una membrana, desequilibran un sistema de puente (Motley y col.<sup>5</sup>).

Por otra parte, el registro del pulso se ha conseguido mediante los siguientes métodos:

A. — Micrófono a carbón (Waud<sup>6</sup>).

B. — Cristal piezoeléctrico (Langevin y Gómez<sup>7</sup>; Miller, White y col.<sup>8</sup>; Porjé<sup>9</sup>).

C. — Cambio de resistencia eléctrica por deformación de un tubo de caucho de pared delgada, que contiene un electrolito especial (Dalla Torre<sup>10</sup>).

El método que se describirá a continuación se basa en la modificación de la resistencia ohmica producida por el desplazamiento

\* Departamento de Fisiopatología. Escuela de Medicina. Universidad de Concepción. Chile.

de un alambre muy fino en un tubo capilar, que contiene un electrolito; la corriente continua circula entre el electrodo móvil y el electrodo fijo colocado en el otro extremo del capilar. El electrodo móvil se puede adaptar a cualquier membrana o a cualquier sistema mecánico que presente desplazamientos en el espacio, por más pequeños que estos sean (registro isométrico). Los cambios de resistencia provocan modificaciones de potencial, del orden de los milivoltios, que una vez amplificados pueden ser registrados con cualquier electrocardiógrafo u otro sistema de amplificación.

Las ventajas del presente método son las siguientes:

1º La construcción del aparato es sencilla, su costo reducido y su manejo fácil.

2º Puede utilizarse en clínica sin necesidad de recurrir a una cámara oscura. Es adaptable a cualquier electrocardiógrafo.

3º Por ser eléctrica la transmisión, el enfermo puede estar colocado a cualquier distancia del aparato de registro. La ausencia de transmisión aérea o líquida excluye los retardos de conducción. El registro es por lo tanto instantáneo y directo.

4º Existe proporcionalidad entre la magnitud del desplazamiento del electrodo móvil y los cambios de potencial eléctrico registrados.

5º Las distintas frecuencias son reproducidas con fidelidad; las limitaciones dependen del período propio de las membranas que se utilizan, y del sistema amplificador, por cuanto el electrodo móvil tiene una masa despreciable.

6º La sensibilidad del aparato puede variarse en amplio margen y a voluntad.

A continuación describiremos el circuito fundamental, las diferentes cápsulas de registro y algunos trazados obtenidos con este procedimiento.

## II. — MATERIAL Y MÉTODOS

A. CIRCUITO GENERAL. — En la fig. 1 aparece el esquema eléctrico del aparato. La fuente de energía está constituida por una batería (B) de pilas secas, de 1.5 voltios cada una, que en total suman aproximadamente 10 voltios. Mediante el interruptor  $I_1$  se cierra el circuito y la corriente circula por la resistencia  $R_1$ . Con el desplazamiento del cursor de  $R_1$  se puede modificar el voltage en los extremos del capilar (puntos a y b). El símbolo  $R_3$  representa la resistencia que ofrece el electrolito (alcohol con glicerina) que se encuentra en el interior

## NUEVO MÉTODÓ DE REGISTRO GRÁFICO

del tubo capilar. La fuerza  $f$  produce el desplazamiento del electrodo móvil ( $e_1$ ), con lo que se modifica la distancia entre  $e_1$  y  $e_2$  (electrodo fijo), y por lo tanto varía la resistencia eléctrica. Esto trae consigo una modificación del potencial entre los puntos  $a$  y  $b$ , que a su vez se encuentran unidos a las entradas del

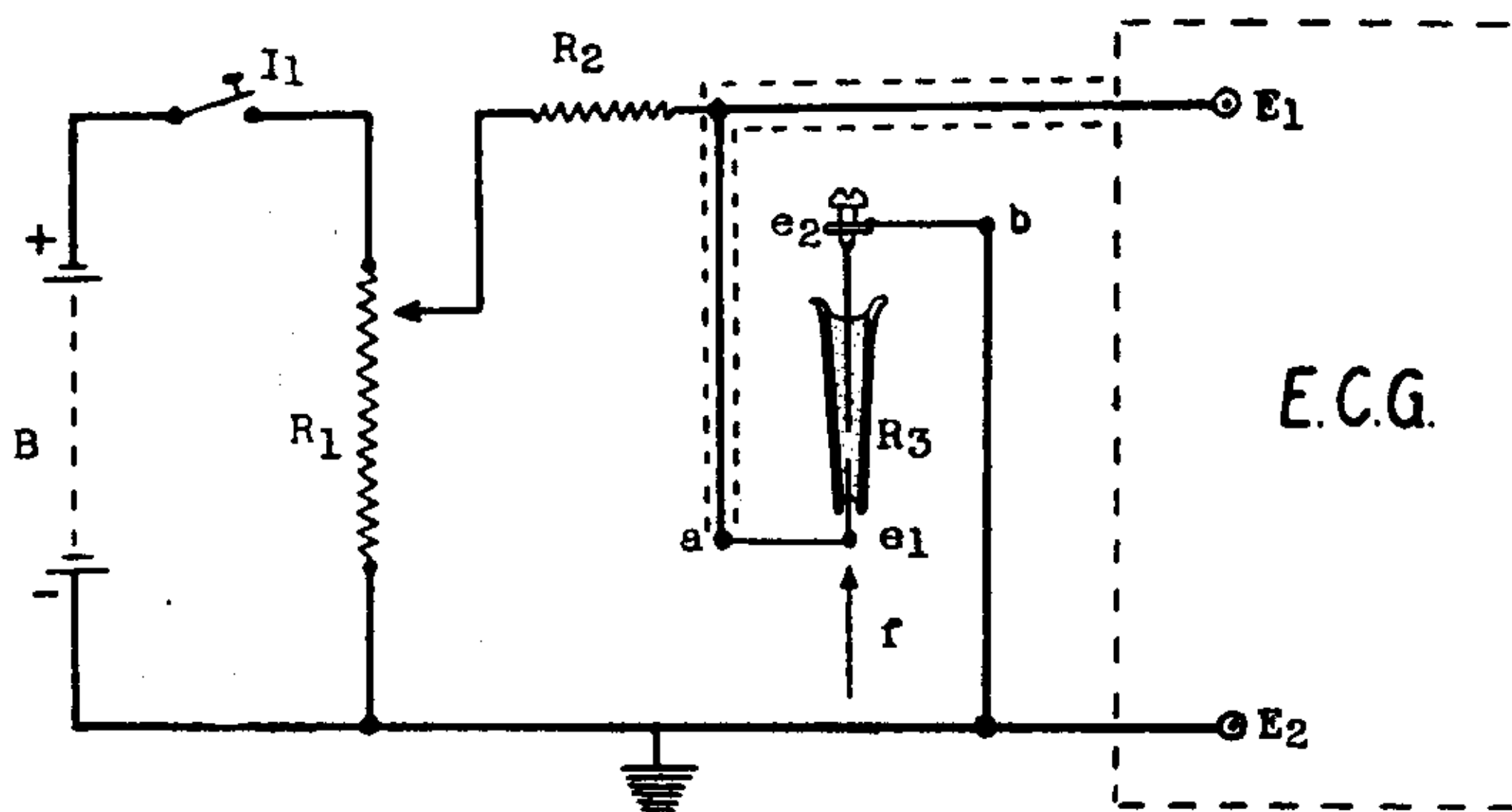


FIG. 1. — Esquema del circuito eléctrico.

$B$  = batería.  $I_1$  = interruptor.  $R_1 = 500 \text{ K}\Omega$ .  $R_2 = 100 \text{ K}\Omega$ .

$R_3$  = resistencia electrolítica variable.  $e_1$  = electrodo móvil.

$e_2$  = electrodo fijo.  $f$  = fuerza que produce el desplazamiento del electrodo móvil.  $E_1$  y  $E_2$  = entradas al electrocardiógrafo (E.C.G.).

electrocardiógrafo ( $E_1$  y  $E_2$ ). La unión entre  $a$  y  $E_1$  debe ser blindada, para evitar las perturbaciones inductivas de origen exógeno. La sensibilidad se gradúa modificando  $R_1$  o la distancia que hay entre los electrodos ( $e_1$  y  $e_2$ ), lo que se consigue desplazando  $e_2$  por medio de un tornillo (véase fig. 1). También existe la posibilidad de regular la amplitud del registro con el control de sensibilidad del electrocardiógrafo. Habitualmente se trabaja con el mínimo de amplificación.

**B. CIRCUITO PARA EL REGISTRO SIMULTANEO DE LA ONDA R DEL E.C.G.** — Con el objeto de poder superponer —en un mismo trazado— la onda

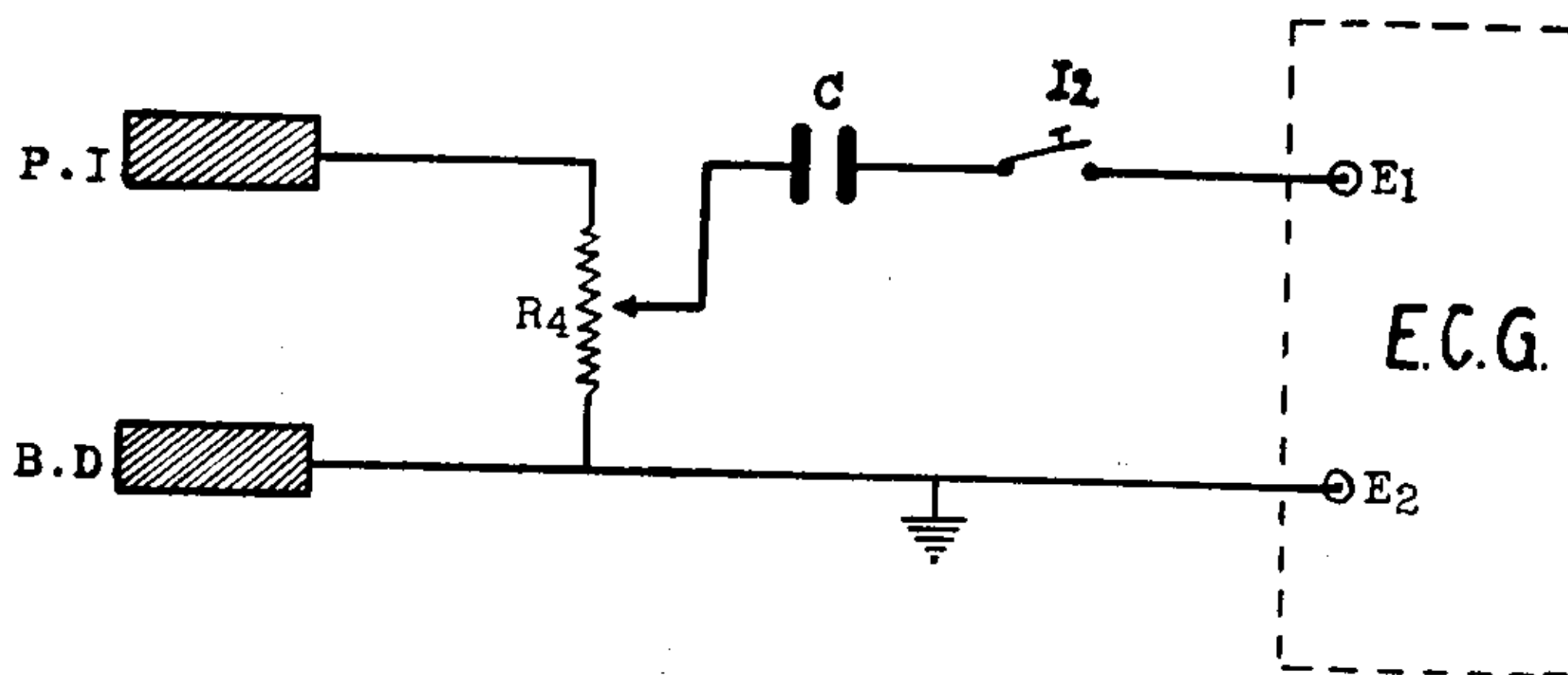


FIG. 2. — Circuito para el registro simultáneo de la onda R del E.C.G.

PI = pierna izquierda. BD = brazo derecho.  $R_4$  = resistencia variable de  $250 \text{ K}\Omega$ .

$C$  = condensador fijo de  $0.2 \mu\text{F}$ .  $I_2$  = interruptor.

$E_1$  y  $E_2$  = las mismas entradas al E.C.G. que en la figura anterior.

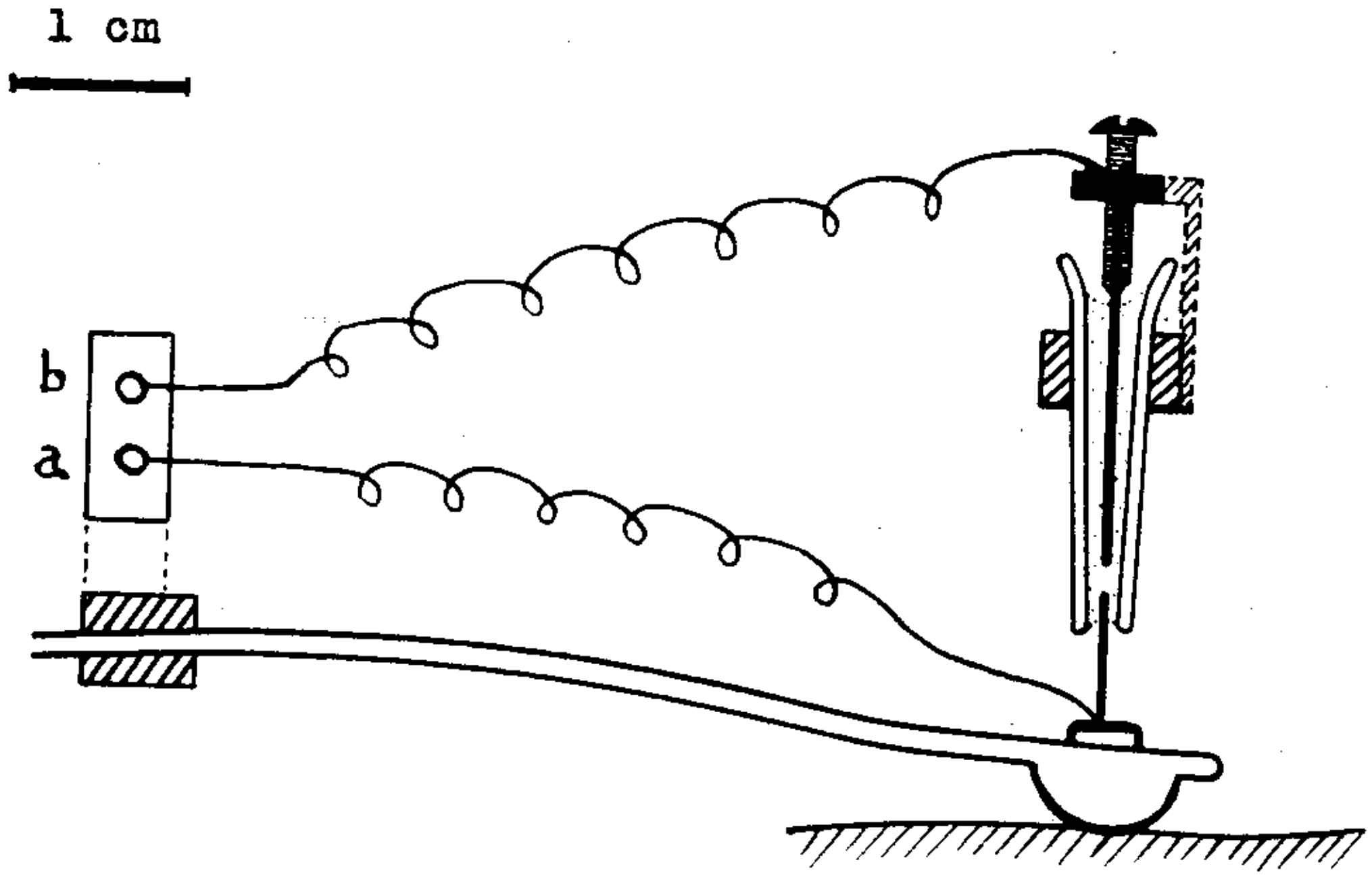


FIG. 3. — Sistema de registro para el pulso radial.  
 a = electrodo móvil. b = electrodo fijo.

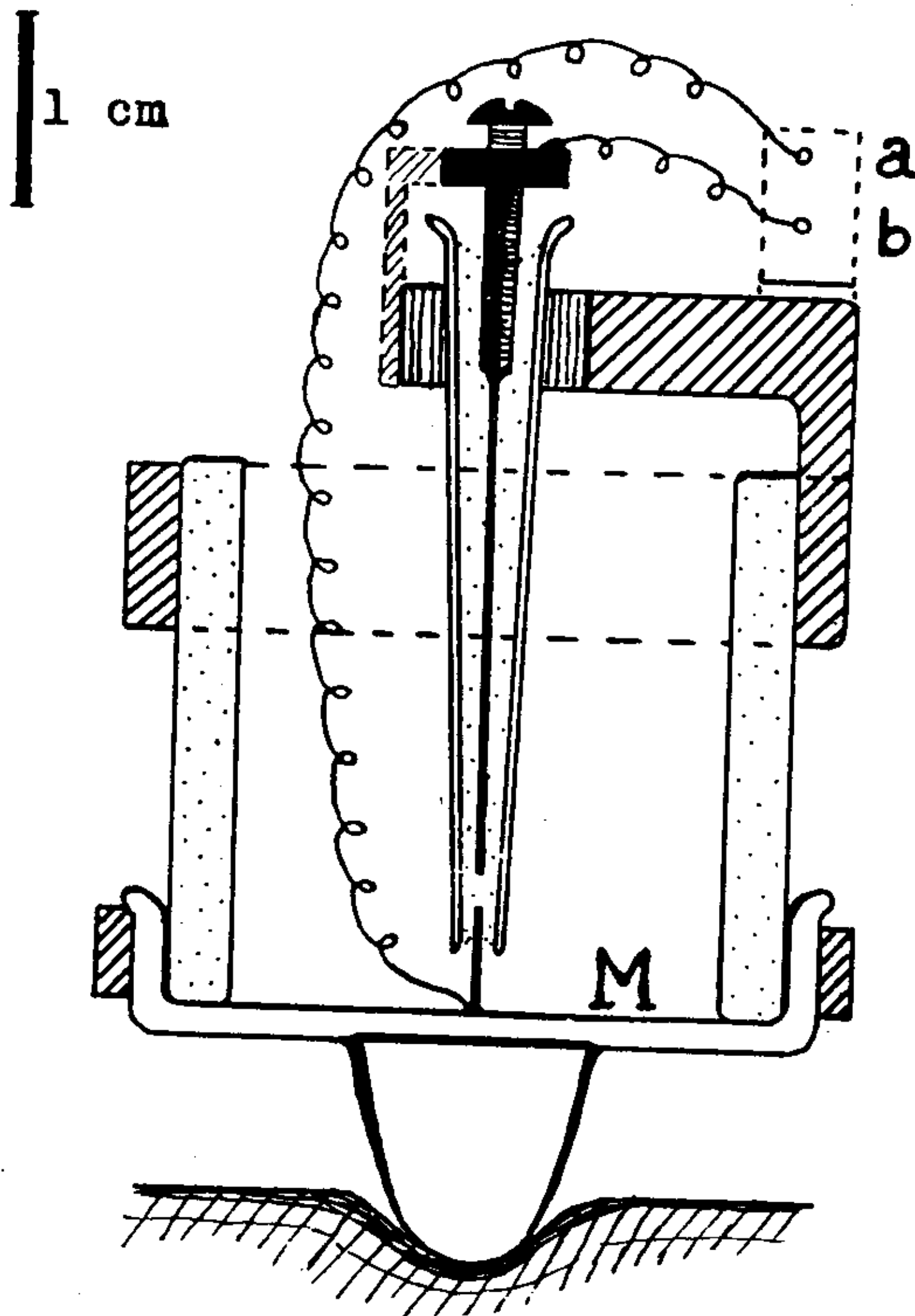


FIG. 4. — Cápsula de registro para el choque de la punta y el pulso arterial.  
 M = membrana de goma.

## NUEVO MÉTODÓ DE REGISTRO GRÁFICO

R del E.C.G. se conectan a las entradas  $E_1$  y  $E_2$  del E.C.G. (fig. 2), dos de los electrodos que habitualmente se utilizan en electrocardiografía. Se intercala un condensador fijo y una resistencia variable  $R_4$ , que cortocircuita parcialmente las diferencias de potencial originadas en el corazón. Así se consigue que solamente aparezca en el trazado la onda R del E.C.G., onda que servirá de punto de referencia.

### C. CAPSULAS DE REGISTRO.

1. *Pulso radial.* — La construcción se basa en los esfigmógrafos de uso corriente. Se adapta a ellos el nuevo sistema, en la forma que aparece en la fig. 3. El electrodo móvil (a) se une con  $E_1$  en la forma indicada en la fig. 1; el elec-

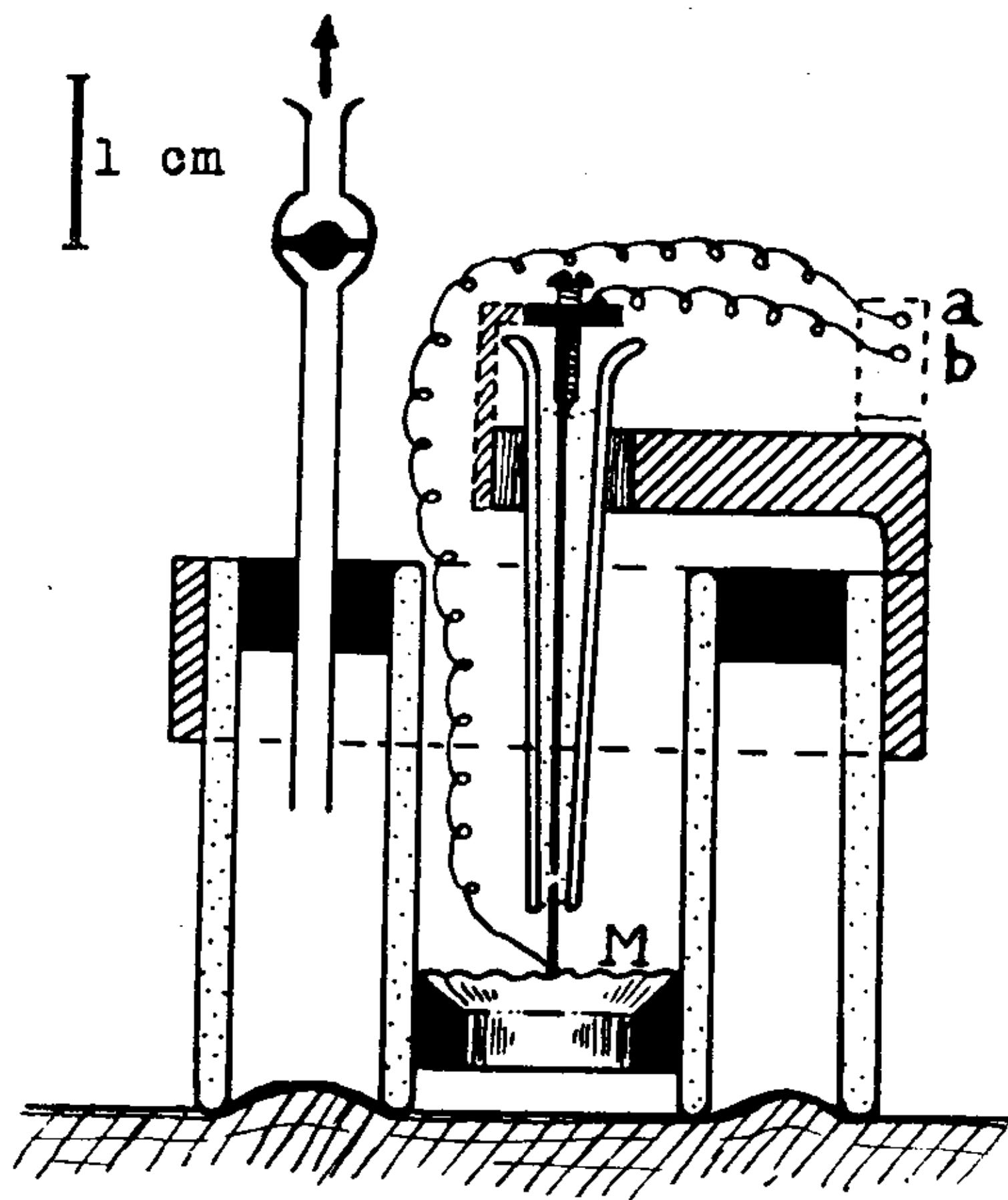


FIG. 5. — Cápsula para registrar el pulso venoso. Las designaciones son idénticas a las figuras anteriores.

trodo fijo (b) se conecta con  $E_2$ . El tubo capilar tiene en su extremo inferior un diámetro de 1.5 mm. El alambre de conexión es de cobre esmaltado de 0.075 mm.; en caso necesario puede ser de diámetro algo mayor. Por medio del tornillo superior se gradúa la distancia entre los electrodos y con ello la sensibilidad del aparato. El electrolito está constituido por alcohol y glicerina en partes iguales; se introduce por capilaridad. Es conveniente cambiar el electrolito cada cierto tiempo. Siendo recomendable cargar el capilar —previa limpieza—, al iniciar una nueva serie de registros. Es importante evitar la formación de burbujas en el capilar, ya que éstas perturban el registro.

2. *Choque de la punta y pulso arterial.* — En la fig. 4 se ha representado una cápsula de vidrio, cerrada en un extremo por una membrana de goma (M)



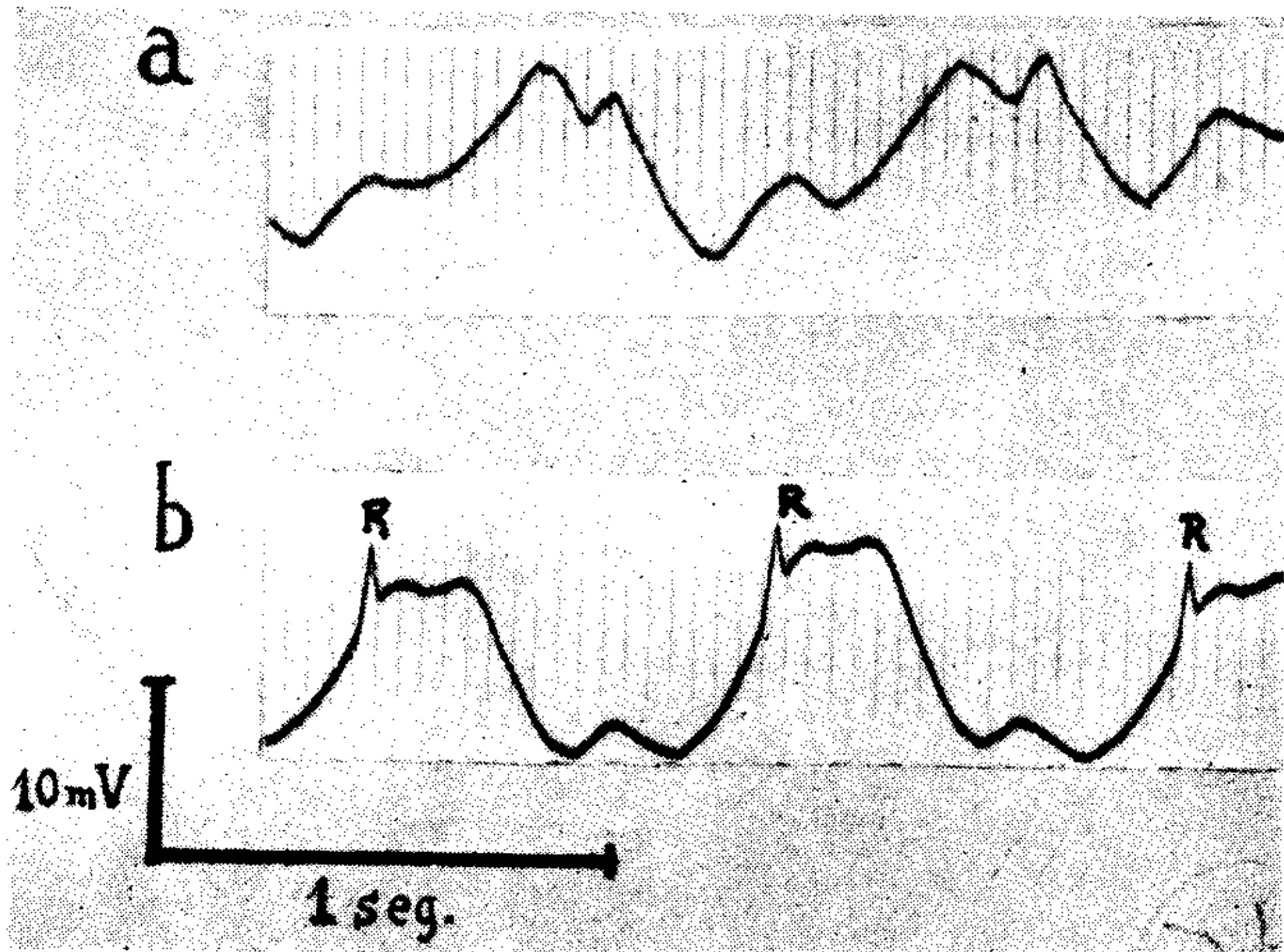


FIG. 6. — Registro del pulso venoso.

a = flebograma yugular a nivel de la parte media del cuello.

b = flebograma simultáneo con la onda R. del E.C.G.

Aparece también la calibración del voltaje (10 mV) y del tiempo (1 seg.).

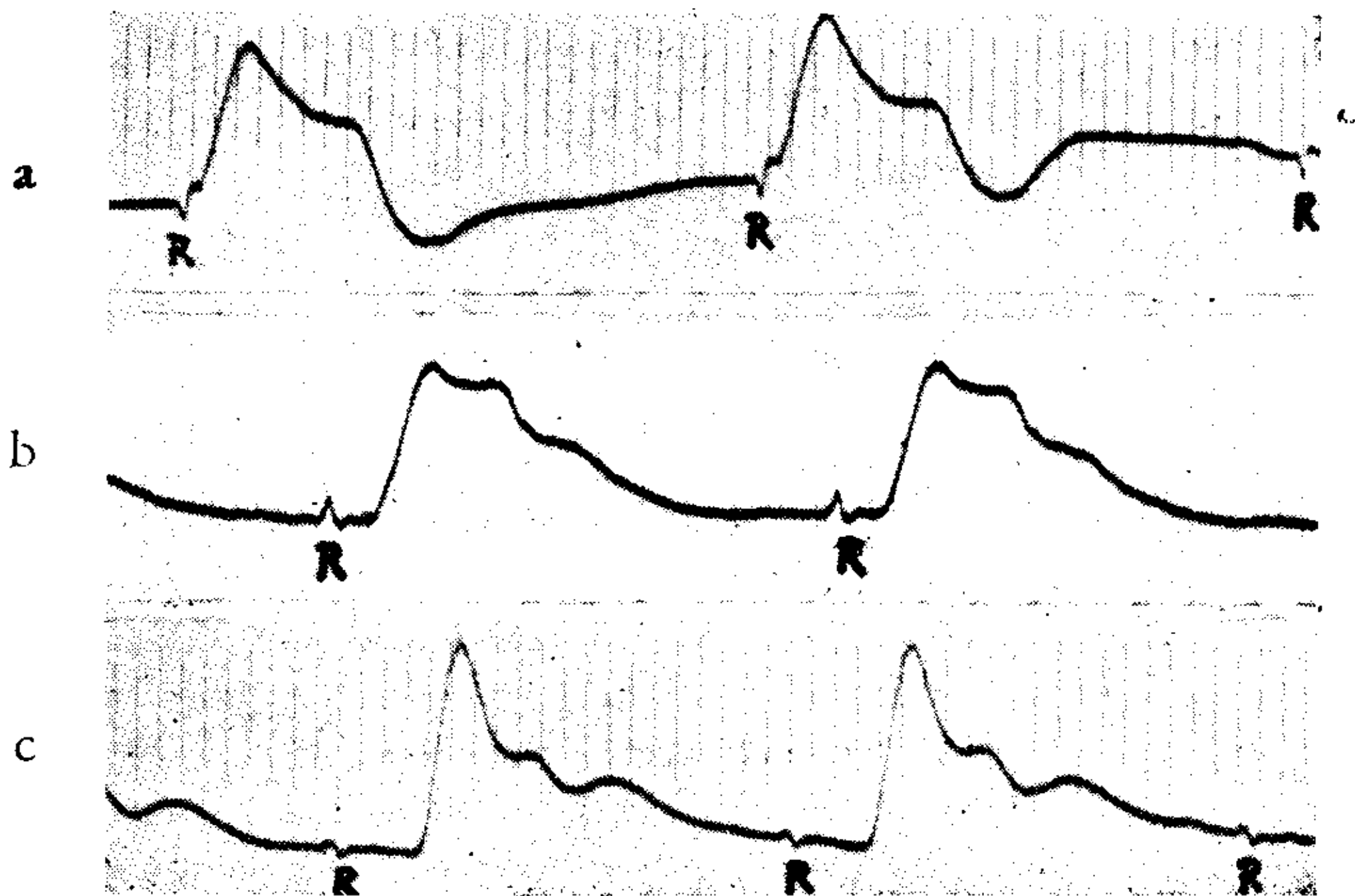


FIG. 7. — Registro del choque de la punta, pulso carotideo y pulso radial, conjuntamente con la onda R del E.C.G.

a = choque de la punta. b = pulso carotideo. c = pulso radial.

de paredes gruesas (1 mm. de espesor) y a gran tensión, con el objeto de elevar su período propio. En el centro de la membrana se encuentra adherido un cono de goma, que se aplicará —ejerciendo una presión adecuada—, en el sitio del choque de la punta del corazón, o sobre el trayecto de una arteria. Una vez encontrado el lugar apropiado para el registro se fijará la cápsula por medio de un soporte metálico. Los demás detalles son idénticos al sistema descrito anteriormente.

3. *Cápsula para el registro del pulso venoso.*— En este caso se trata de una cápsula (fig. 5) de paredes dobles de vidrio, que permite obtener una pequeña presión negativa en una zona anular, con el objeto de lograr un buen adosamiento de la cápsula a la piel. La membrana (M) es de goma muy delgada y puesta en tensión; se encuentra montada en un rodete de goma cuya forma aparece en el dibujo.

### III. — RESULTADOS EXPERIMENTALES

En la fig. 6 aparecen dos trazados obtenidos con la cápsula de registro del pulso venoso (fig. 5), aplicada en la parte media del cuello en el trayecto de la vena yugular. La fig. 6a corresponde al flebograma registrado aisladamente y en el cual se aprecian las ondas características.

Para vincular el pulso venoso con alguna otra manifestación de la actividad cardíaca hemos registrado al mismo tiempo la onda R del E.C.G. (fig. 6b). Se observa, que la onda R precede ligeramente a la onda auricular. Esto se debe al retardo de transmisión de la onda positiva auricular hasta el sitio de registro.

En la fig. 7a encontramos el trazado del choque de la punta del corazón, precedido inmediatamente por la onda R del E.C.G. Con la misma cápsula de la fig. 4 se hizo el registro del pulso carotídeo (fig. 7b), también en relación con la onda R del E.C.G. En la fig. 7c aparece el esfigmograma obtenido con el sistema de registro que aparece en la fig. 3.

Es interesante hacer notar el intervalo creciente entre las manifestaciones eléctricas del corazón (onda R) y las manifestaciones mecánicas registradas en los diferentes puntos del sistema circulatorio.

### RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se describe un nuevo método para registrar las manifestaciones mecánicas del aparato circulatorio en el hombre. El procedimiento se basa en la utilización de una resistencia electrolítica variable, cuyo valor se modifica como consecuencia de deformaciones mecá-

nicas, que desplazan un alambre finísimo en un tubo capilar que contiene alcohol y glicerina. Estas variaciones de resistencia eléctrica producen diferencias de potencial al circular por el interior del capilar una corriente continua. Las diferencias de potencial así creadas —del orden de los milivoltios—, son amplificadas por medio de un electrocardiógrafo corriente, lo que permite la aplicación de este método en clínica.

Se especifican los detalles del circuito eléctrico, la construcción de las diferentes cápsulas de registro y la forma de utilizarlas. Además se indica el circuito para registrar en el mismo trazado la onda R del E.C.G., con el objeto de poder superponer dos trazados representativos de la actividad del aparato circulatorio.

Se ilustra el trabajo con registros del choque de la punta, del pulso carotídeo y radial, como también del pulso venoso.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Hampel, A. — "Pflüg. Arch. ges. Physiol.", 1940, 244, 141.
2. Macleod, A. C., Cohn, A. E. — "Amer. Heart J.", 1941, 21, 345.
3. Grundfest, H., Hay, J. J., Feitelberg, S. — "Science", 1945, 101, 255.
4. Lambert, E. H., Wood, E. H. — "Proc. Soc. Exper. Biol. & Med.", 1947, 64, 186.
5. Motley, H. L. y col. — "Proc. Soc. Biol. & Med.", 1947, 64, 241.
6. Waud, R. A. — "J.A.M.A.", 1924, 82, 1263.
7. Gómez, D., Langevin, A. — Cit. por Porjé 9.
8. Miller, A., White, P. D. — "Amer. Heart J.", 1941, 21, 504.
9. Porjé, I. G. — "Studies of the arterial pulse wave, particularly in the aorta". "Acta Physiol. Scand.", 1946, 13, supl. 42.
10. Dalla Torre, L. — "Helv. Physiol. Acta", 1943, 1, C<sub>14</sub>.

#### RÉSUMÉ ET CONCLUSION

On fait la description d'une nouvelle méthode pour enregistrer les manifestations de l'appareil circulatoire de l'homme. Le procédé se base sur l'utilisation d'une résistance électrolytique variable, la valeur de laquelle se modifie comme conséquence des déformations mécaniques qui déplacent un fil de fer très fin dans un tube capillaire qui contient de l'alcool et de la glicerine. Ces variations de résistance électrique produisent des différences de potentielle quand le capillaire est parcouru par un courant continu. Les différences de potentielle ainsi créés —de l'ordre des millivolts— sont amplifiées par un appareil électrocardiographique commun, ce qui permet l'application de cette méthode dans la clinique.



## NUEVO MÉTODÓ DE REGISTRO GRÁFICO

On donne des détails du circuit électrique, la construction des différentes capsules de registre et la forme de les utiliser. En plus, on indique le circuit pour enregistrer dans le même tracé l'onde R de l'E.C.G. pour pouvoir superposer deux tracés représentatifs de l'activité de l'appareil circulatoire.

On illustre le travail avec des registres de choc de la pointe, du pouls carotidien et radial ainsi que du pouls veineux.

### S U M M A R Y

A new method is described for the registration of the mechanical events of the cardiovascular system in man. The method consists in the utilization of a variable electrolytic resistance, the value of which is modified by the movements of a very fine wire immersed in a capillary tube containing alcohol and glycerol. A direct current flows through the wire. The potential differences thus created are of the order of millivolts and are amplified by means of any common electrocardiograph.

The details of the electrical circuit and of the different recording capsules are specified. The possibility of recording the peak of the R wave in the same record is shown. Records are shown of venous, radial and carotid pulse and of the apex beat.

### ZUSAMMENFASSUNG

Eine neue Methode zwecks Registrierung der mechanischen Ausserungen des menschlichen Kreislaufs wird beschrieben. Diese gründet sich auf den Gebrauch einer veränderlichen elektrolitischen Resistenz, deren Wert als Folge mechanischer Deformationen variiert und einen äusserst feinen Draht verschiebt, der sich in einem mit Alcohol und Glyzerin gefüllten, kapillaren Rohr befindet. Diese elektrische Resistenzveränderungen erzeugen Potentialdifferenzen wenn im Innern des Rohres ein Gleichstrom fliesst. Die so hervorgerufenen Potentialdifferenzen— im Gebiete der mV erfahren vermittelst des gewöhnlichen Elektrokardiographen eine Verstärkung, sodass man die Methode in der Klinik anwenden kann. Die Einzelheiten des Stromkreises, die Zusammensetzung der verschiedenen Registrierungskapseln und die Art ihrer Anwendung, werden eingehend erörtert. Ausserdem weist man auf den Stromkreis zwecks gleichzeitiger Registrierung der R-Welle im Ekg., um beide Kurven übereinanderzulegen. Registrierungen des Spitzenstosses, des Radial- und Karotispulses, sowie des Phlebogramms werden graphisch dargeboten.