

# PRESION ARTERIAL DURANTE LA MARCHA

EXPERIENCIAS EN PERROS

POR F. L. SOLER y C. A. SOLER

---

Desde Abril de 1931, en que presentamos a la "Sociedad Nacional de Biología" el plan seguido en la realización del actual trabajo, nos hemos dedicado a resolver las dificultades prácticas que nos ofrecía el problema hasta alcanzar el dispositivo que luego describiremos.

Es necesario recordar, ante todo, que la presión se ha registrado general y universalmente, en animales *fijados* en decúbito horizontal, sin llegarse jamás a la sustentación activa, aunque a veces (Barnard e Hill) se llegó a inscribirla durante cambios de posición que en algo se asemejaban, a pesar de ser pasivos, a los típicos cambios posturales humanos.

Después de los estudios de Abate Hales (1743) hasta hoy, cuanto atañe a los métodos de medida de la presión arterial, se reduce a usar manómetros de mercurio (manómetro tipo), manómetros de membrana, metálica o de caucho, manómetros simples o múltiples.

Carlos Ludwig (Leipzig 1847) creó los manómetros registradores, con cuyo instrumento según bien se sabe, quedó inaugurado el método gráfico.

El empleo de los manómetros múltiples fué una preocupación razonable. Alguna vez se llegó a disponer 4 juntos, para *exploraciones simultáneas* como lo hizo Chauveau (Fig. 2). —Por lo general usamos dos, con cuyo recurso inscribimos al mismo tiempo, sincrónicamente, presiones central y re-

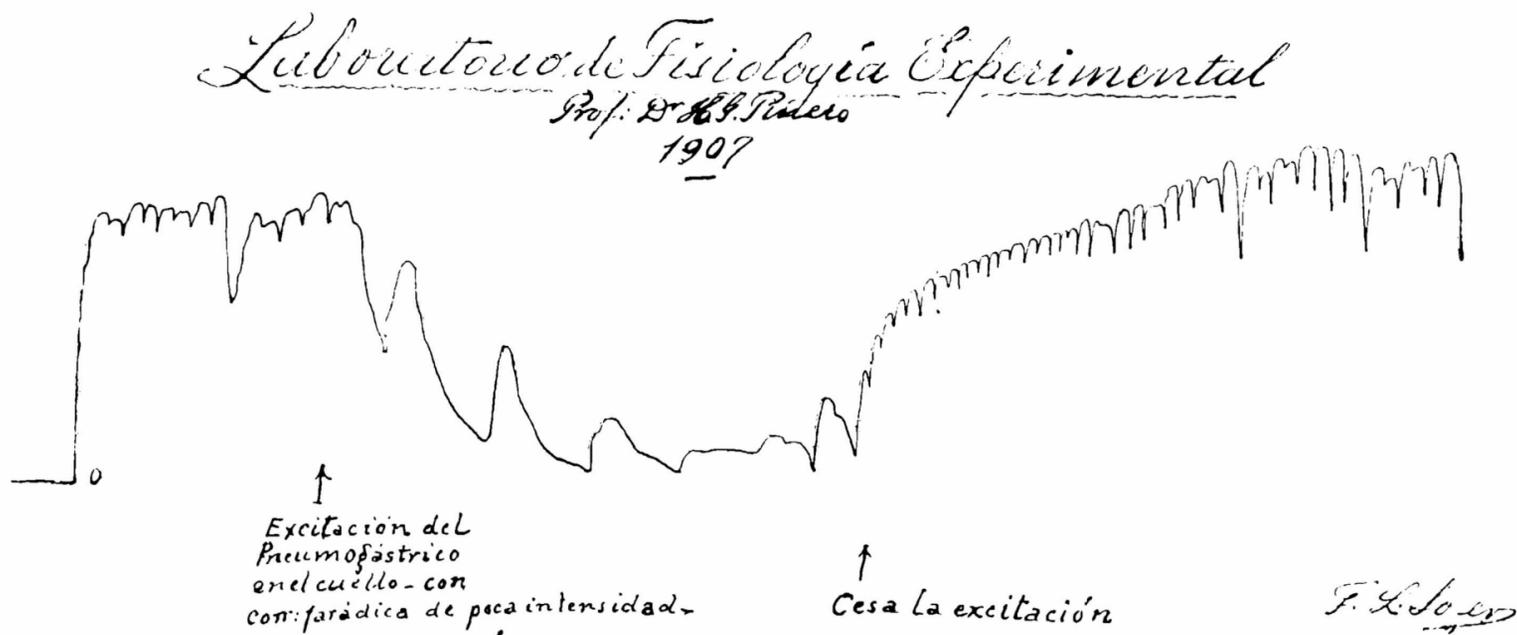


Figura 1

Kimograma Central Carotídeo de un perro de 10,500 kgs. obtenido con el primitivo método de Ludwig, (inscripción con tinta) en el Laboratorio de Fisiología Experimental (hoy Instituto), bajo la dirección del Profesor Horacio G. Piñero, en 1907.

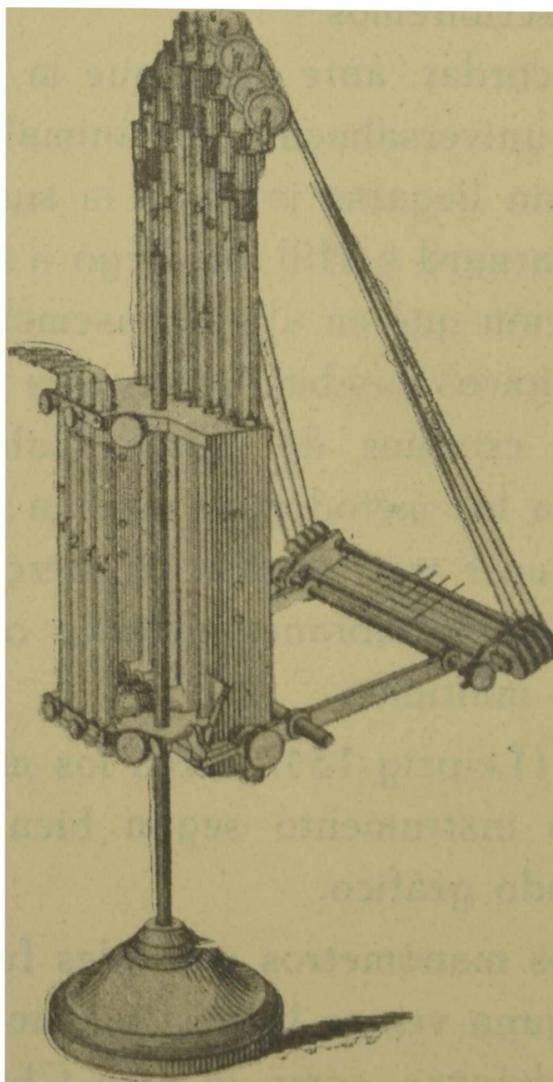


Figura 2

Multimanómetro de Csaueau (Tomado de Morat y Doyon. Tratado de Fisiología).

corriente o periférica. Nuestros gráficos se obtienen sobre papel ahumado, valiéndonos para ello del propio modelo o *doble manómetro*, que construimos (simplificando el de François Franck) en 1928. La figs. 3 y 4 permiten ver, en su conjunto, el dispositivo y el esquema que explica su utilización.

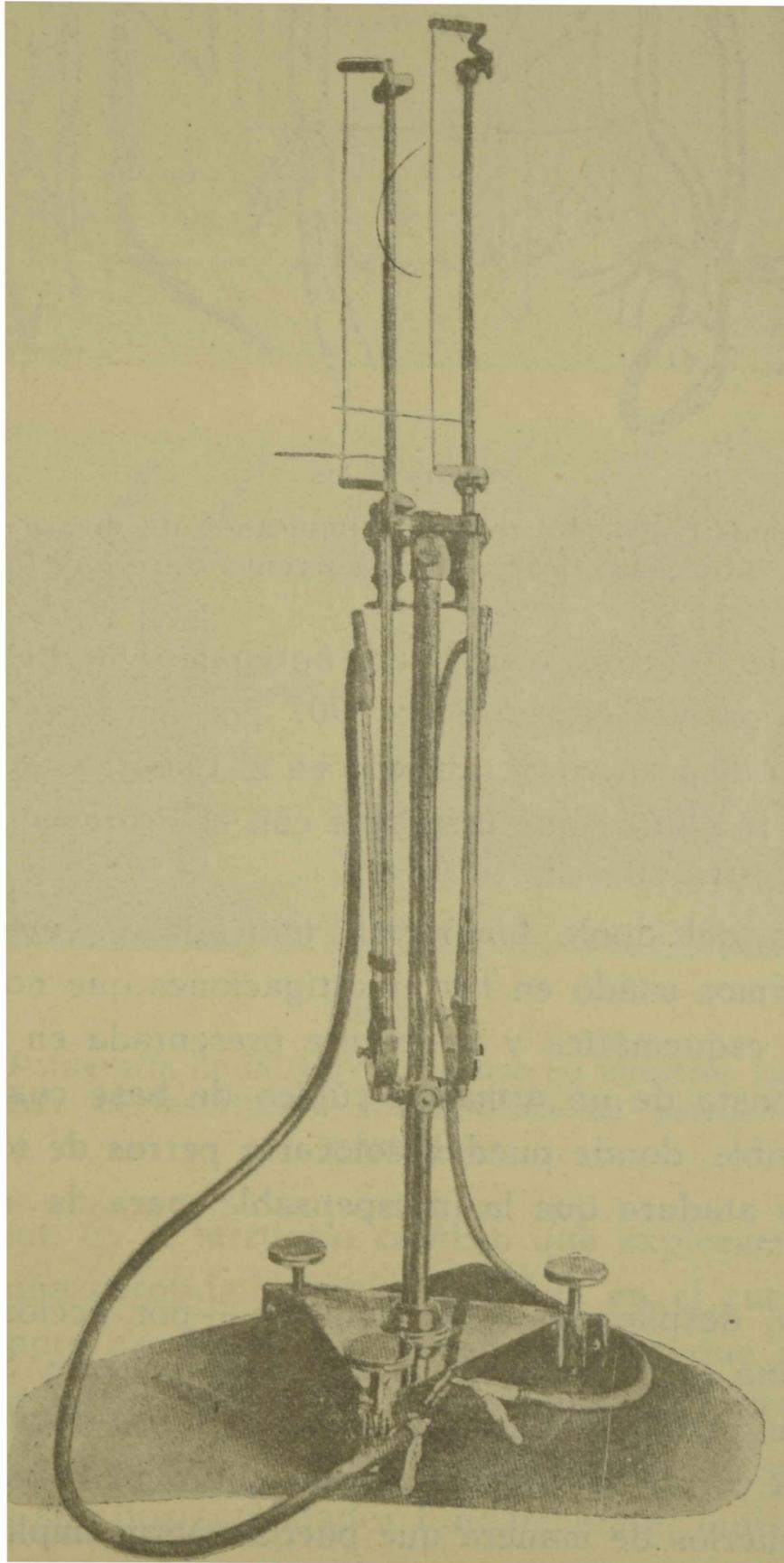


Figura 3

Doble kimógrafo Modelo Soler, para registro simultáneo de dos presiones.

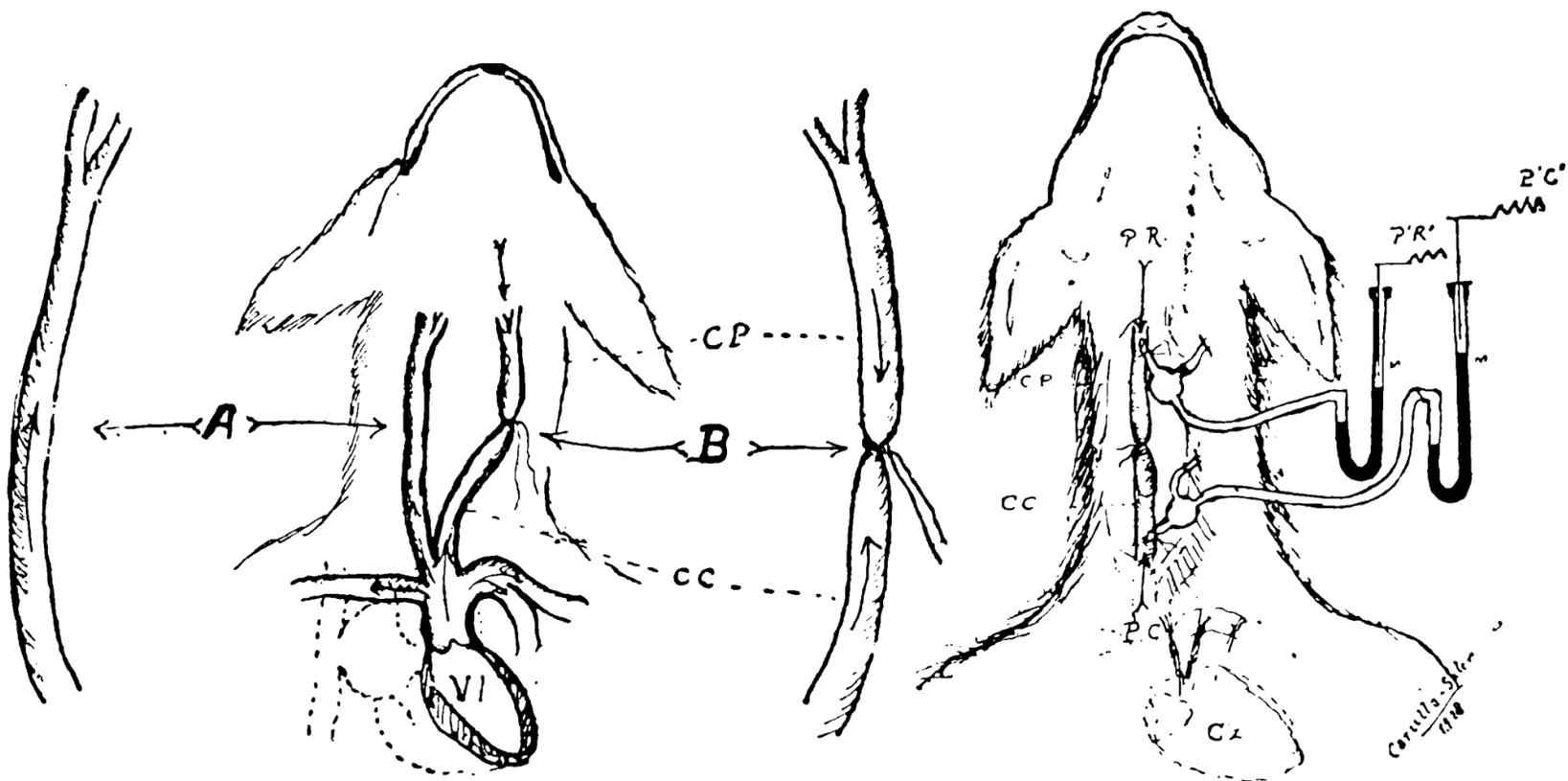


Figura 3 bis

Esquema demostrativo del registro simultáneo de dos presiones. En este caso, Central y Recurrente Carotídea.

A simple título de curiosidad, agregamos la Fig. 1, parte de un kimograma, obtenido en 1907 por inscripción a tinta, con el viejo dispositivo de Ludwig en el Laboratorio de Fisiología (hoy Instituto) que dirigimos con el Profesor H. G. Piñero hasta 1918.

Además del doble kimógrafo indicado y como recurso esencial, hemos usado en las investigaciones que nos ocupan, la *Gayola*, esquemática y realmente presentada en la Fig. 4, A y B. Consta de un armazón cúbico de base cuadrangular y piso movable, donde pueden colocarse perros de todo tamaño sin más atadura que la indispensable para la mandíbula superior.

El piso, desplazado sobre rodillos —por acción manual, mediante una rueda— obliga al animal a moverse. Sin mayor preparación previa, los perros responden con facilidad a la incitación a correr. El único requisito que debe satisfacerse es el de contenerlos de manera que puedan abrir ampliamente la boca y ya hemos dicho como procedemos.

Así conseguimos conocer, simultáneamente, la magnitud del esfuerzo cardíaco (ventricular izquierdo) y el de la peri-

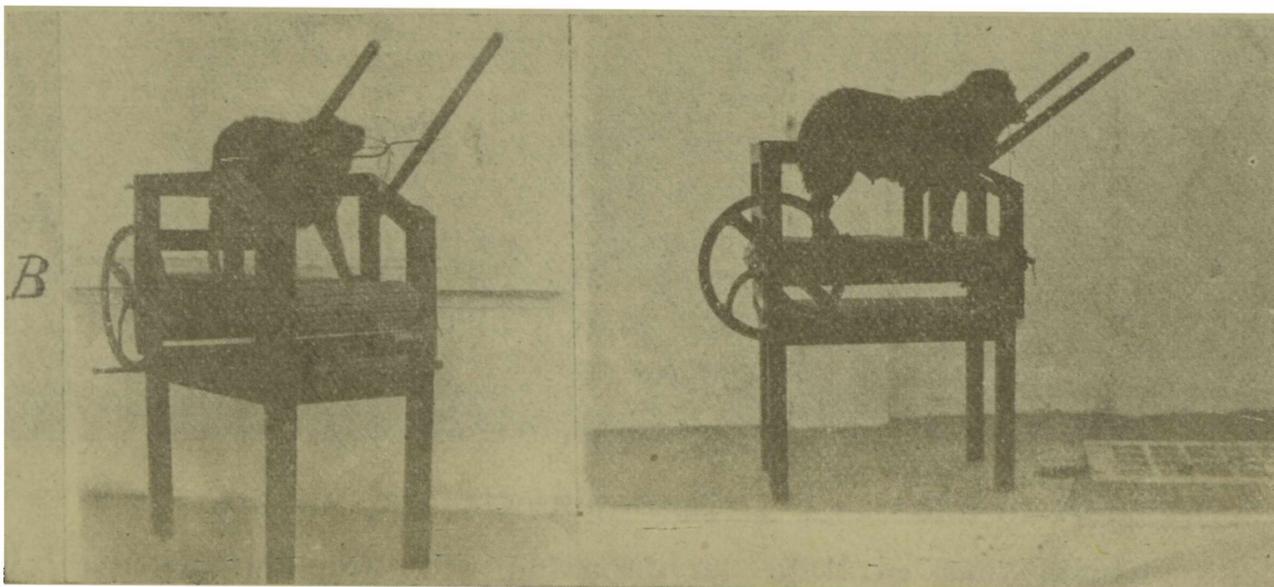
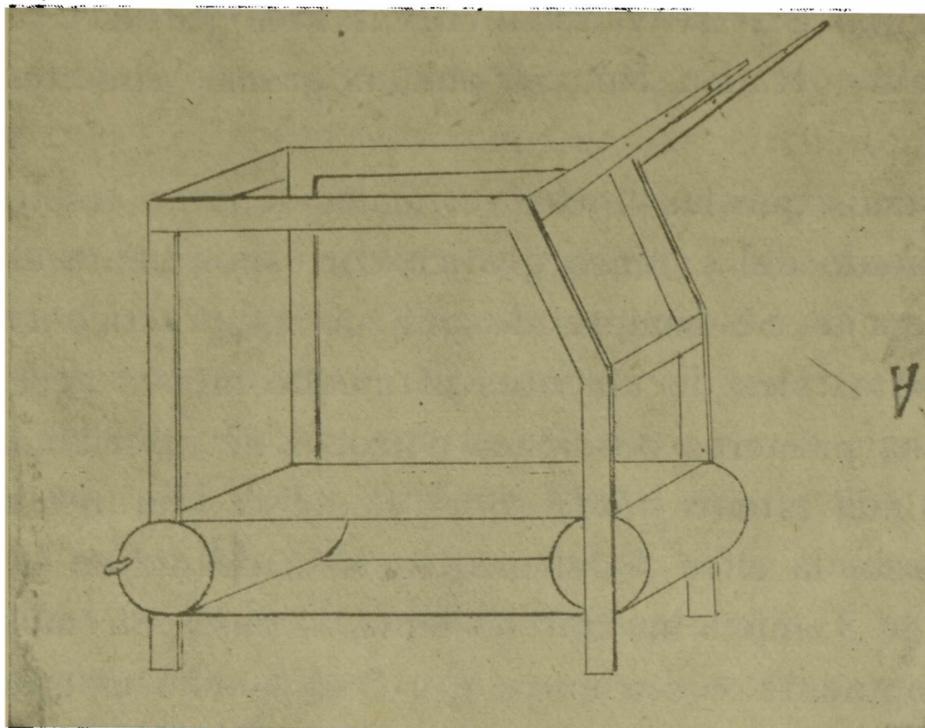


Figura 4

Esquema y Fotografía de la Gayola, en uso en nuestros Laboratorios, para conseguir la inscripción Kimográfica en perros durante la marcha.

feria arterial, en el territorio cefálico que exploramos valiéndonos de una carótida primitiva aislada en el cuello. Agregamos siempre un dispositivo pneumográfico, que inscribe la frecuencia e intensidad de los movimientos del tórax.

Nos obliga a ello el conocimiento de que Respiración y Circulación son dos actividades fundamentales indispensables.

Veamos ahora los resultados conseguidos hasta el momento.

Examinemos primero la Fig. 5.

En su parte A se ven las curvas kimográficas central, C. y recurrente, R. En Pn., el pneumograma simultáneamente inscripto.

Aclaremos que las líneas verticales separan los trozos que hemos tomado del extenso gráfico correspondiente al total de la experiencia. Se comprende que no es práctico reproducir íntegramente tales documentos ni mucho menos necesario.

Las dos primeras porciones o trozos se inscribieron mientras el animal estuvo *fijado* sobre el dorso. Durante el tercero que va hasta la cifra 3 del gráfico, está de pie en la Gayola. A partir de 3, inicia su marcha lenta al paso, diremos, que en el trozo siguiente, o sea entre 4 y 5 es mucho más acelerada.

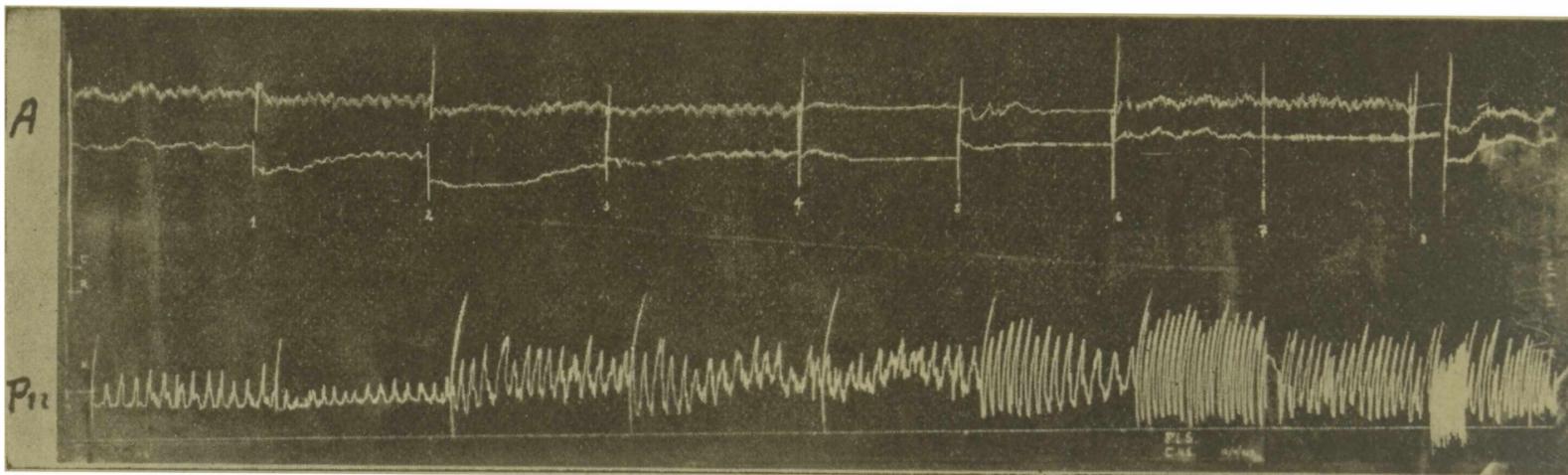


Figura 5

Doble Kimograma carótido (A) tomado simultáneamente con el Pneumograma (Pn), en un perro durante su marcha lenta y en carrera.

De 5 en adelante entra en franca carrera, que mantiene por más de 10 minutos.

Es sorprendente que durante tan largo período de tiempo, ambas presiones se hayan mantenido a un nivel prácticamente invariable.

Observemos, por otra parte, que *existe casi un paralelismo de las curvas*, mucho más acentuado aun en las figuras 6, 7 y 10, que analizaremos luego. Por lo tanto no se producen variantes tensionales periféricas, dignas de atención y mucho menos aun, variaciones de la Presión Central.

Reparemos ahora en el Pneumograma Pn y comparemos sus variaciones con las de las curvas circulatorias. El contras-

te no puede ser más evidente. Mientras que la frecuencia y la intensidad de los movimientos respiratorios son notablemente variables, apenas se notan variantes en los circulatorios. A medida que la marcha toma el carácter de carrera, más frecuente e intensa es la actividad respiratoria. De la superficialidad y lentitud que aparecen cuando el animal está en reposo, se pasa a una ascendente amplitud y creciente frecuencia, que guardan íntima relación con la celeridad de la marcha.

Estamos, no cabe duda, ante un hecho común por demás conocido, un hecho de observación vulgar si se quiere, pero que hasta ahora no se ha registrado gráficamente en la forma kimo-pneumográfica *simultánea* que presentamos y es demostración inamovible.

*Inalterabilidad de las presiones central y recurrente; acrecentamiento de la ventilación pulmonar proporcional a la celeridad de la marcha*, son el resultado invariable que dejan nuestros registros, en la serie presente de experiencias.

Con mayor claridad que en el gráfico precedente vemos la confirmación de estos hechos en los gráficos de las figuras 6, 7 y 8 ya mencionados.

En el primero aparecen dos períodos, A y B, en que el animal está en carrera; por eso es frecuente e intensa la Respiración (Pn) durante los dos. Pero mientras en la parte registrada en A, el animal *recién ha entrado a correr*, en la que corresponde a B, *lleva ya 10 minutos de continua carrera*. Se explica la diferencia entre ambas curvas Neumográficas. La del período B, revela una mayor intensidad por lo menos. Es por demás evidente que no se han producido cambios, alteraciones ni falta de paralelismo valederas de las presiones.

El siguiente (gráfico 7) es sumamente ilustrativo. Sus dos primeras porciones están escritas con mayor velocidad del polígrafo registrador. Tienen por objeto mostrar mayores detalles de las curvas. En el trozo 1 (véase cifra al pie) se inicia la marcha. El Pneumograma es de escasísima amplitud, exactamente como ocurrió durante la primera parte del gráfico 5. En el trozo 2, obtenido después de 15 minutos de carrera moderada, la amplitud de éste muestra el acrecentamiento de la

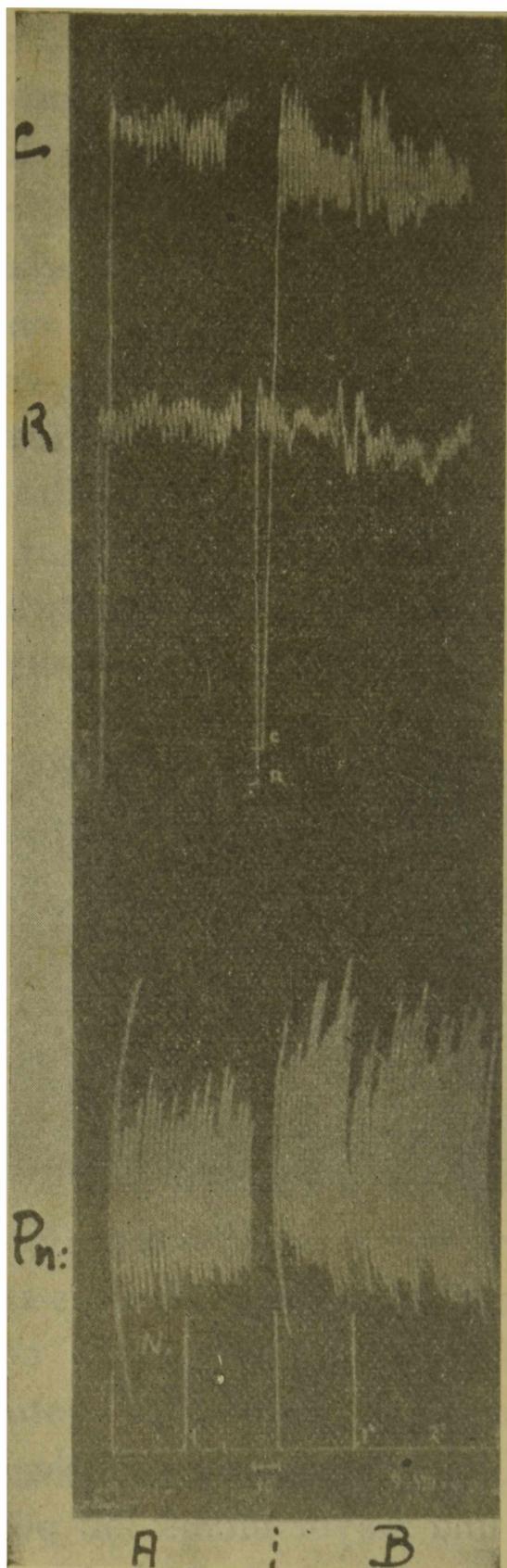


Figura 6

Doble Kimograma y Pneumograma de un perro en carrera, con ventilación pulmonar libre.

ventilación pulmonar. Nótese que por ser moderada la celeridad de marcha, la frecuencia respiratoria no es mucho mayor.

La porción 3, tomada al cabo de 20 minutos de ejercicio, con el polígrafo a velocidad más lenta, notamos casi el mismo ritmo pero con intensidad acrecentada hacia el final.

Durante esta prolongada experiencia examinamos también la frecuencia del pulso. Anotamos los siguientes resultados:

Primer período, marcha lenta inicial	130'
Segundo período, carrera moderada	132'
Tercer período, franca carrera . . . . .	132'

También este resultado muestra que son muy reducidas las variaciones circulatorias.

Podemos concluir de estas primeras experiencias que:

*El mantenimiento del trabajo cardíaco, prácticamente a un*

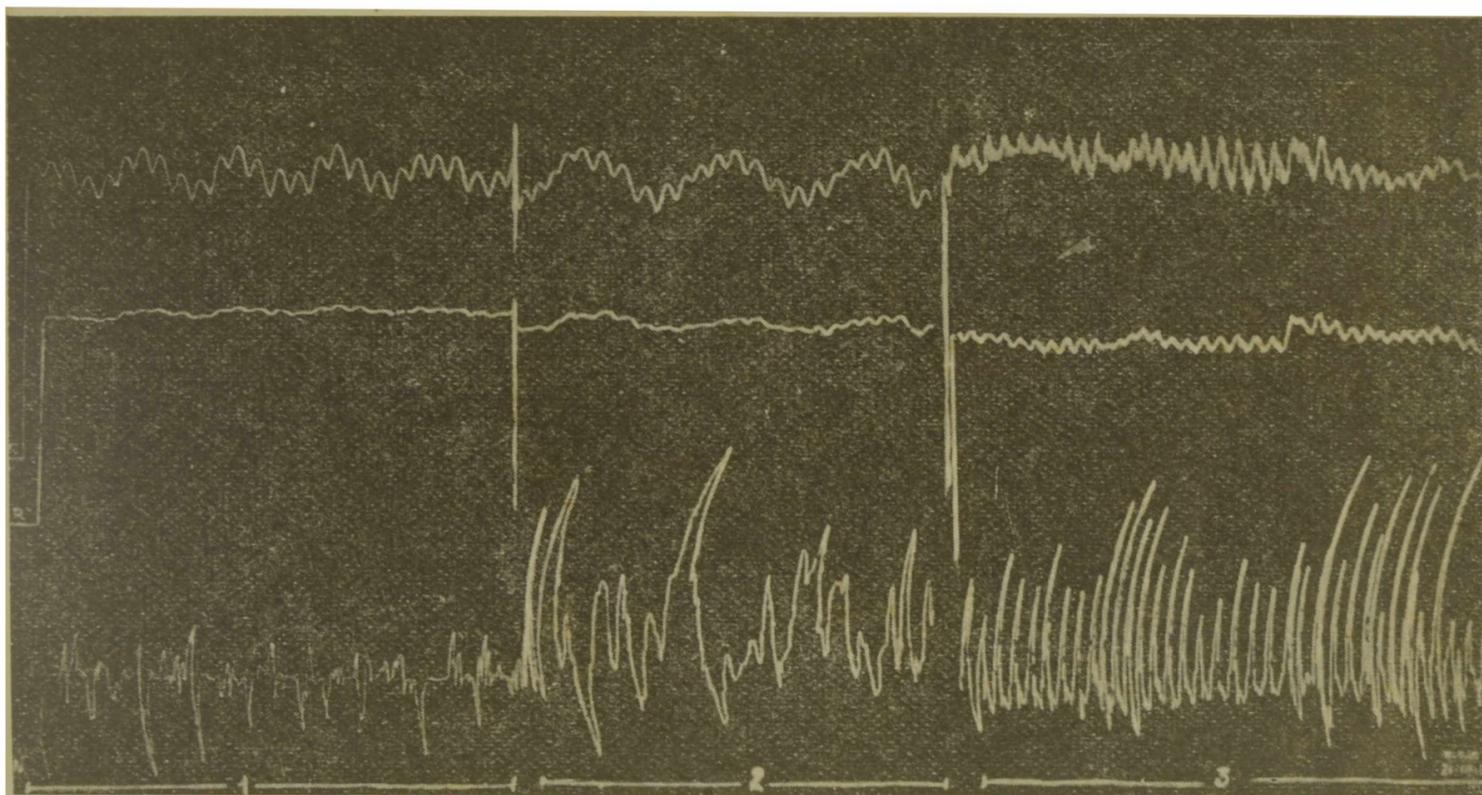


Figura 7

Doble Kimograma y Pneumograma de un perro en marcha, parte 1 y en carrera, partes 2 y 3. Ventilación pulmonar libre.

*mismo nivel, ha sido extraordinariamente perfecto en nuestros perros, durante las diversas velocidades de marcha a que se les ha sometido, en las condiciones experimentales descritas.*

*Las grandes variaciones entre los valores registrados corresponden al Sistema Respiratorio y son proporcionales a la celeridad de la marcha, lo repetimos.*

Recordaremos, nuevamente aquí, cierto detalle experimental al cual hemos atribuído un valor que surge netamente del último párrafo.

Todos los perros explorados se mantuvieron *sin mordaza*, es decir, en *plena libertad de respirar con la boca abierta*. En esta forma pudieron desenvolverse como lo hacen normalmente, al emprender la marcha libre.

Es forzoso recordar de nuevo, para acentuar el valor de lo ya expuesto, que el perro *no se enfría por transpiración cutánea* durante la hipertermia consecutiva al trabajo muscular y que para conseguir dicho enfriamiento o refrigeración, abre ampliamente la boca.

De esta apertura, que significa aumento de superficie re-

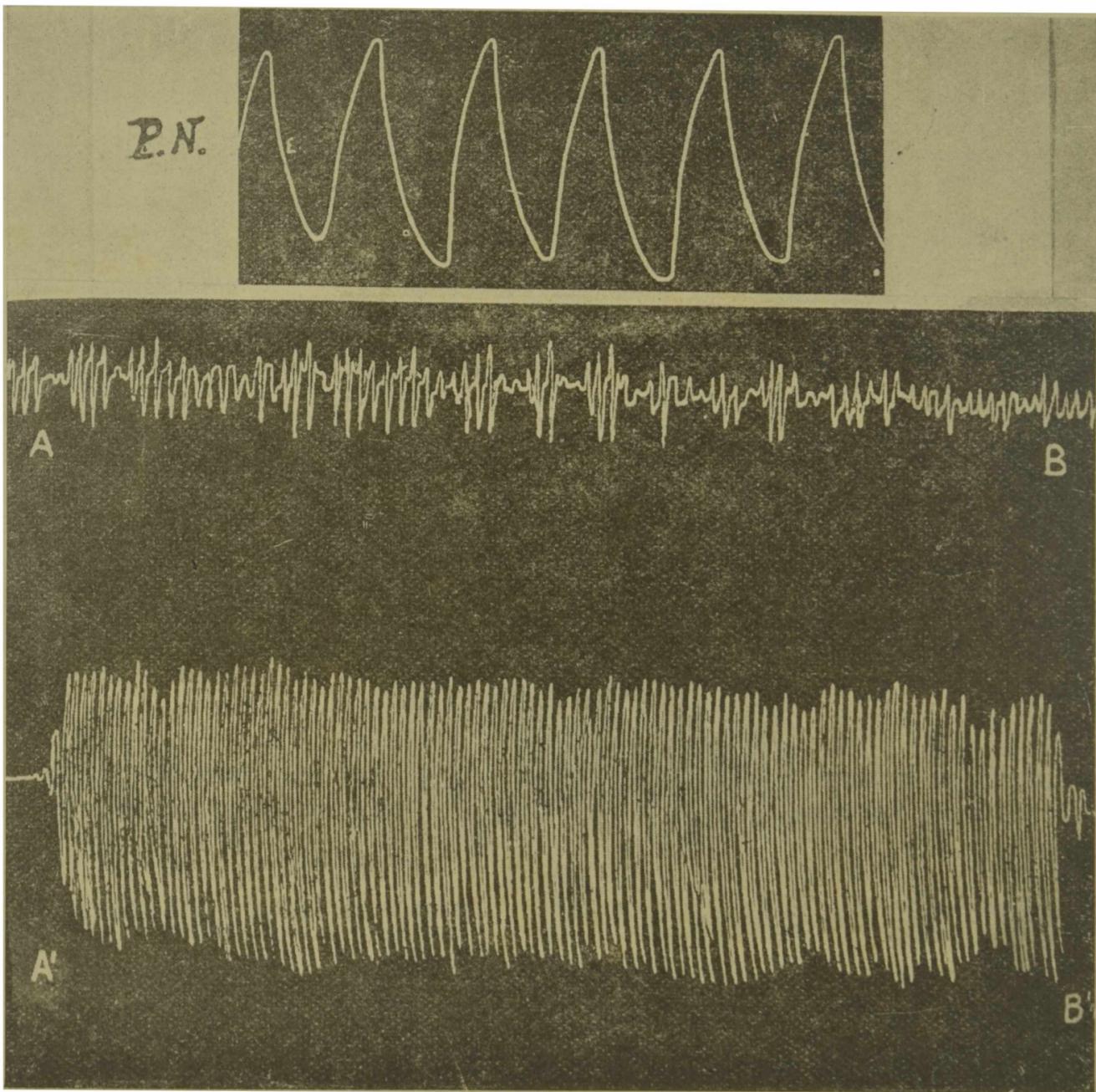


Figura 8

**Polípnea por Trabajo muscular (De Leiguarda y Carrera)**

(Durante 30'.  $T = 40^{\circ}4$ ). Curva A. B. con el animal embozalado. En A' B' no tiene bozal y ventila ampliamente su superficie respiratoria. La curva superior Pñ N., es el Pneumograma normal de este mismo perro. (De C. Leiguarda y J. A. Carrera, 1914. (Cit. en el texto).

frigerante, depende su regulación térmica, en gran parte por lo menos.

Podemos decir que, superficie ampliada, multiplicación e intensificación de los movimientos respiratorios, son tres factores que corresponden a la primordial necesidad de mantener el equilibrio térmico de estos organismos en trabajo.

Es indudable por lo tanto, que para garantía de los mismos sea indispensable la libertad de respirar ampliamente y que esto sólo se consigue por libre apertura de la boca.

Para demostrarlo recurrimos al trabajo de C. Leiguarda y J. A. Carrera (1914, cit.) y utilizaremos, transcribiéndolos, algunos de sus gráficos. Son los que se ven en las figuras 8 y 9.

Se trata de Neumogramas de perros en hipertermia experimental. En el primero ésta se consiguió por calentamiento en cámara a 55° durante 30'; en el segundo, fig. 9, por carrera

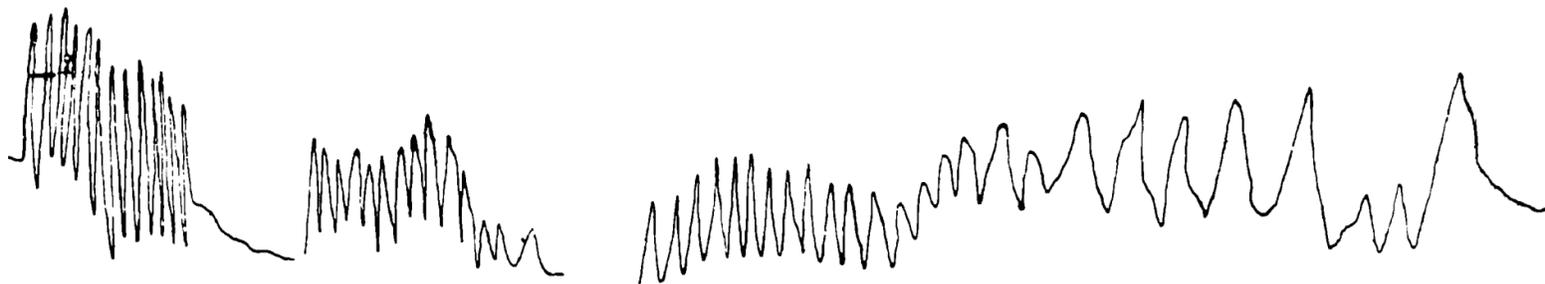


Figura 9

**Polípnea por Trabajo muscular (De Leiguarda y Carrera)**

Pneumograma de un perro que después de correr libremente durante media hora, se fija sobre el dorso para obtener el gráfico. La intensa Polípnea y alta temperatura rectal del primer momento decrecen gradualmente hasta normalizarse.

libre, también durante media hora. Las temperaturas máximas respectivas fueron de 42°2 y 40°4 C.

Comparando las curvas de la figura 8, fácilmente deducimos que los esfuerzos respiratorios llevados a cabo por el animal con bozal (curva superior A. B.), no pudieron llenar plenamente las necesidades premiosas del momento, por estar limitados en su frecuencia e intensidad. Ocurrió todo lo contrario cuando se le quitó el bozal y pudo ventilar libremente su campo respiratorio (Curva inferior A'. B.). La frecuencia fué

en el primer caso, perro con bozal, de 80, y en el segundo, perro sin bozal, de 139 por minuto.

Las diferencias de intensidad o amplitud son por demás visibles.

Se comprende porqué fué una preocupación nuestra, la sujeción de nuestros animales, en la forma descripta, con boca abierta.

Es de igual valor el gráfico de la figura 9, donde se ve cómo la Polipnea provocada por trabajo muscular (carrera prolongada) se modifica hasta llegar a la normal.

De 60 respiraciones por minuto desciende a 20 y por último a 9 a medida que la temperatura también se normaliza.

Estas investigaciones que son el único precedente en el país de las nuestras actuales, nos explican lo ocurrido durante el curso de ellas. Son a la vez las que nos decidieron a llevar a cabo otras series de experiencias Kimo-Pneumográficas conducentes a conocer los valores tensionales durante la marcha acelerada con el perro embozalado.

Sabemos que aun así, la oclusión bucal no es perfecta. Los animales consiguen que el aire pase por las comisuras labiales, aunque con evidente esfuerzo, pero siempre existe, en el fondo, una franca limitación ventilatoria.

En la gráfica de la figura 10, consta el resultado de una de estas experiencias.

Lo sobresaliente en ella es el doble kimograma, donde las presiones Central C y Recurrente R ascienden conjuntamente en perfecto paralelismo, escaso tiempo después de iniciada la carrera. Debe tenerse presente que en ningún momento de esta experiencia se ha quitado al perro el bozal. La boca ha permanecido cerrada por lo tanto, y la respiración se ha hecho en la forma que antes hemos referido.

Hasta la cifra N°. 2, visible al pie del gráfico 10, la marcha fué lenta; el kimograma muestra durante ese período, la altura de la presión que tomamos como punto de partida. Al acelerarla y llegar a la carrera, se produce el inmediato ascenso apreciable señalado, que en el caso llegó a 40 milímetros de mercurio (el doble de la altura, escrita como se sabe). Es-

ta hipertensión se mantuvo sostenida a una misma altura, durante los 10 minutos que duró la carrera.

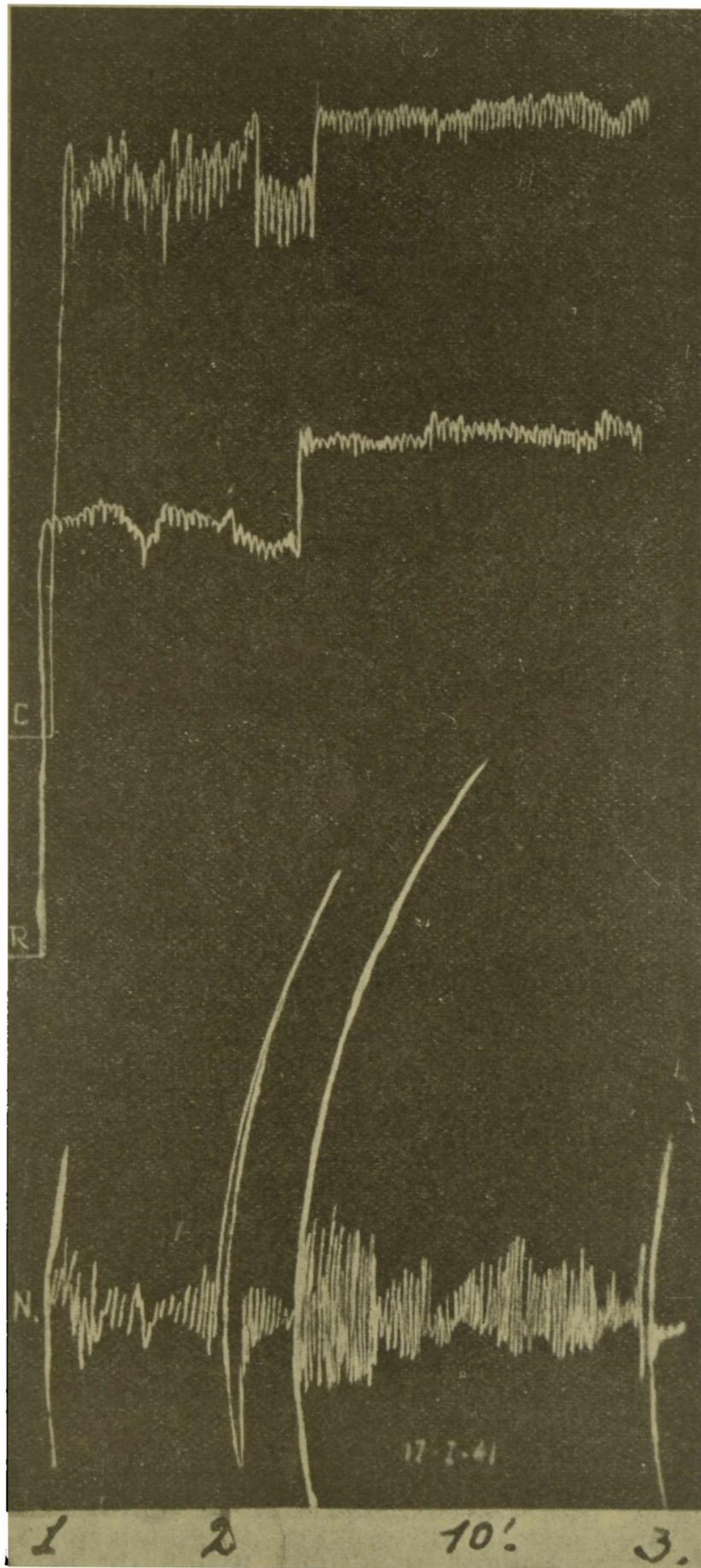


Figura 10

Doble Kimograma y Pneumograma de un perro de 7 kgrs. durante la carrera, cuya respiración no se hace libremente por estar embozalado. Entre 1 y 2 marcha lenta. En la porción siguiente, carrera durante 10'.

Simultáneamente el Neumograma expresa en su conjunto un desarrollo muy irregular tanto en frecuencia como en intensidad. Difiere extraordinariamente de los que se observan en las figuras 5 (algunos trozos), 6 y 8 (curva inferior).

Aportamos con estas experiencias, un complemento valioso a las anteriores citadas de Leiguarda y Carrera.

Sabemos ahora positivamente que *las deficiencias de ventilación van acompañadas mientras se está en marcha acelerada, de ascenso tensional.*

La amplitud Respiratoria, la *libre Ventilación pulmonar*, es el factor primordial, tal vez el *único valedero* para mantener la norma tensional. Es enormemente valioso el papel regulador que desempeña, puesto que simultáneamente *equilibra las desviaciones térmicas y tensionales*, consecutivas a las demandas de la marcha acelerada y sin duda también, las bioquímicas.

Evidentemente los profesionales expertos en Medicina Deportiva lo habrán comprendido, al dedicar sus cuidados previsores a la Enseñanza Respiratoria. Nuestras demostraciones confirman el mérito práctico extraordinario de los métodos que han creado y nos complace sobremanera contribuir a ello con el aporte documental que fundamenta este trabajo.

Creemos que hasta ahora nadie lo ha hecho en forma autográfica por lo menos.

*La doble kimografía y pneumografía simultáneas*, demuestran por lo tanto que *la Ventilación perfecta de la superficie respiratoria regula el equilibrio tensional durante la marcha manteniendo su nivel normal.*

*Demuestran también, que sus deficiencias son causa apreciable de sobrecarga de trabajo cardíaco, cuando se requiere un intenso esfuerzo muscular.*

Es probable que la Profilaxis y la Clínica Cardiológica puedan deducir y aplicar prácticas útiles de las precedentes conclusiones o que acentúen la validez de las existentes.

No es nuestro actual propósito entrar en el análisis explicativo de los hechos aclarados con nuestros métodos. Solamente hemos querido presentarlos, permitiéndonos señalar sin

embargo, como único agregado que los tres factores, la *hipercapnia*, deducida en estos casos, de un mayor trabajo muscular, la *hipertermia*, directamente estimada por Termometría y la hiper-tensión registrada por nosotros, son factores que se corrigen por un mismo recurso, la amplia apertura bucal y la mayor frecuencia de los ciclos respiratorios.

*En conclusión:* El mantenimiento de la magnitud tensional sanguínea durante la marcha y la carrera, dentro de sus límites normales, es lo corriente.

Dicho mantenimiento normal, depende de la libre ventilación pulmonar.

#### R E S U M É

**Préssion arterielle pendant la marche**, par le Dr. Frank L. Soler, Professeur titulaire de Physiologie de la Faculté de Médecine de l'Université Nationale de La Plata et Professeur Titulaire d'Anatomie et Physilogie comparées de la Faculté de Médecine de Buenos Aires et par le Dr. C. A. Soler.

Les auteurs arrivent aux conclusions suivantes: L'entretien de la grandeur tensionnelle sanguine pendant la marche et la course, dans ses limites normaux, c'est général.

Cet entretien normal, dépend de la libre ventilation pulmonaire.

#### A B S T R A C T

**Arterial pressure during the course**, by Dr. Frank L. Soler, Titular Professor of Physiology in the Faculty of Medicine of La Plata National University and Titular Professor of Anatomy and Compared Physiology in the Faculty of Medicine of Buenos Aires, and by Dr. C. A. Soler.

The maintenance of the tensional sanguineous magnitude during the course and the race, within its normal limits, is general.

This normal maintenance depends from the free pulmonary ventilation.

ZUSAMMENFASSUNG:

**Blutdruck während des Marsches**, von Dr. Frank L. Soler, Professor Titular der Physiologie, von der Fakultät für Wissenschaft und Medizin, der Universität von La Plata, und Dr. Carlos A. Soler. Die Verfasser kommen zu folgendem Schluss:

Die Erhaltung der Wichtigkeit für die Blutspannung, in ihrer normalen Abregtzung, während des Marsches und des Laufens, ist die folgende:

Diese normale Erhaltung hängt von der freien Durchlüftung der Lungen ab.