

DETERMINACION DEL CAUDAL SANGUINEO DE LOS DEDOS POR EL METODO PLETISMOGRAFICO *

por los doctores

L. DE SOLDATI. E. A. CABANNE y A. S. INTROZZI

Numerosos métodos han sido propuestos con el objeto de determinar el caudal sanguíneo de los miembros. Siguiendo los trabajos de Bolton y colaboradores (1936) y de Wilkins y colaboradores (1938), iniciamos el estudio del caudal sanguíneo de los dedos de la mano por el método pletismográfico.

En el presente trabajo estudiamos el efecto del frío, del calor, de la inspiración profunda y de los ruidos sobre el sistema vascular de un lote de sujetos normales.

MATERIAL Y TÉCNICA

El dispositivo tal como puede verse en la figura 1 y que presentamos en una sesión anterior de la Sociedad de Cardiología, (Cabanne, Introzzi y Soldati, 1941), consta de un sistema de compresión y de uno pletismográfico propiamente dicho.

El sistema de compresión se compone de una pera Richardson (A) que insufla aire a presión dentro de un frasco de vidrio de paredes resistentes (B), de 5 lts. de capacidad; este último se encuentra en conexión, por un lado, con un manómetro de mercurio (C) y por el otro con dos manguitos de goma (D y D'): estos manguitos se adaptan a la raíz de los dedos cuyo caudal sanguíneo se investiga. Todo este circuito, por fin, se halla en comunicación con una cápsula segmentaria de Frank (E) provista de una membrana de goma gruesa con un espejito adherido a ella cuyo objeto es registrar en el papel fotográfico, mediante el haz de luz que proyecta, el instante en que se hace la compresión del dedo. Una pinza de Mohr (E) ubicada en el tubo de salida del frasco citado, permite hacer la compresión brusca del dedo en el momento deseado. Otra llave (G) ubicada en el trayecto de este tubo pone en comunicación el sistema con el aire exterior para descomprimir cuando fuere necesario.

El sistema de registro pletismográfico consiste fundamentalmente en un dedil metálico (H y H') que abarca la segunda y tercera falange del dedo y que se adapta al mismo sin comprimir. El pequeño espacio entre dedo y dedil se obtura con lanolina.

Dicho dedil se halla conectado con una cápsula de Frank (I, I') con membrana de goma delgada (rubber-dam) provista de un espejito que tiene por objeto imprimir en el papel fotográfico el pulso y las variaciones volumétricas del dedo. El tubo de goma que une la cápsula y el dedil está interrumpido por una llave (J, J') que pone en comunicación el sistema pletismográfico con el aire exterior, permitiendo equilibrar las presiones cuando así se deseara.

* Instituto de Fisiología, Fac. de C. Médicas, Dir. Prof. B. A. Houssay, Buenos Aires, Argentina.

La calibración del sistema se efectúa mediante el desplazamiento de 0,01, 0,2 y 0,3 cm.³ de agua dentro de un circuito cerrado que, puesto en comunicación con el sistema, permite registrar fotográficamente la amplitud que dicha variación volumétrica imprime al haz de luz. El dispositivo de calibración consiste esencialmente en una bureta graduada (K) en centésimos de centímetro cúbico y adaptada a un frasco (L) de 500 cm.³ de capacidad cerrado herméticamente por un tapón atravesado por doble tubuladura; una de ellas está conectada con la bureta y la otra con una llave de tres vías (M) que permite calibrar sucesivamente una y otra cápsula pletismográfica.

Para el registro se utiliza un fotokimógrafo, marchando a escasa velocidad. El tiempo se mide en segundos.

Los sujetos se estudiaron en ayunas o pasadas tres horas desde la última comida. Ellos fueron ubicados en un cuarto silencioso, a temperatura constante entre 23 y 25°, sentados lo más cómodamente posible desde media hora antes de iniciar los experimentos.

Ubicados el dedil y el manguito en la forma indicada, se procedió a determinar el caudal sanguíneo en las condiciones basales antedichas. Para ello se insufló aire

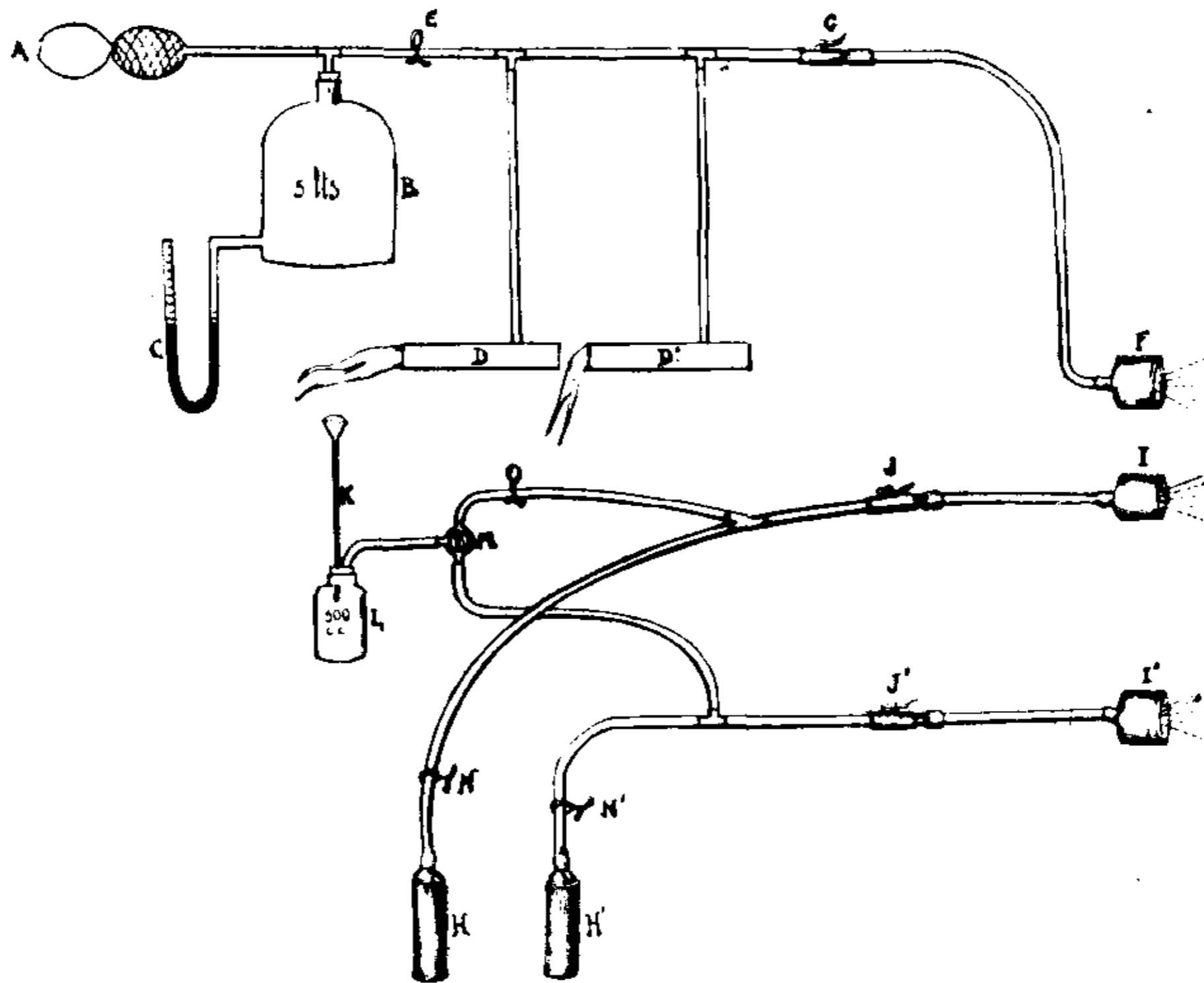


FIGURA I

Esquema del dispositivo utilizado para la determinación del caudal sanguíneo de dos dedos simultáneamente. Las referencias van en el texto.

en los manguitos a una presión 1 ó 2 cm. de Hg. más baja que la presión diastólica del sujeto previamente determinada. En ese instante se registró el pletismograma.

La prueba del frío se llevó a cabo haciéndoles sumergir ambas piernas hasta las rodillas en agua a 15°, tomándose pletismogramas a 1, 5, 10, 15 y 20 minutos de actuar el estímulo.

La prueba del calor se efectuó en forma idéntica, pero utilizando agua a +5° C.

En la mayoría de los sujetos se hicieron determinaciones a los 10 y 20 minutos de retiradas las piernas del agua fría y antes de comenzar la prueba del calor. En algunos se dejaron pasar varios días entre una y otra prueba.

A los 20 minutos de estar actuando el calor, y considerando que ya entonces los sujetos presentaban plena vasodilatación, se les hizo mantener en inspiración profunda, registrando en este momento un pletismograma.

Una vez normalizado el ritmo respiratorio se determinó nuevamente el caudal sanguíneo. En estas condiciones, se produjo un ruido brusco, tomándose entonces un nuevo pletismograma.

Estos estudios fueron completados con la determinación de la temperatura bucal mediante un termómetro de máxima de tipo común y de la cutánea con un termómetro aneroide Pillischer "ad-hoc".

Al final de cada sesión se midió el volumen de la porción de dedo comprendida dentro del dedil, haciéndolo sumergir en un recipiente lleno de agua hasta los bordes y midiendo luego el volumen del líquido desplazado.

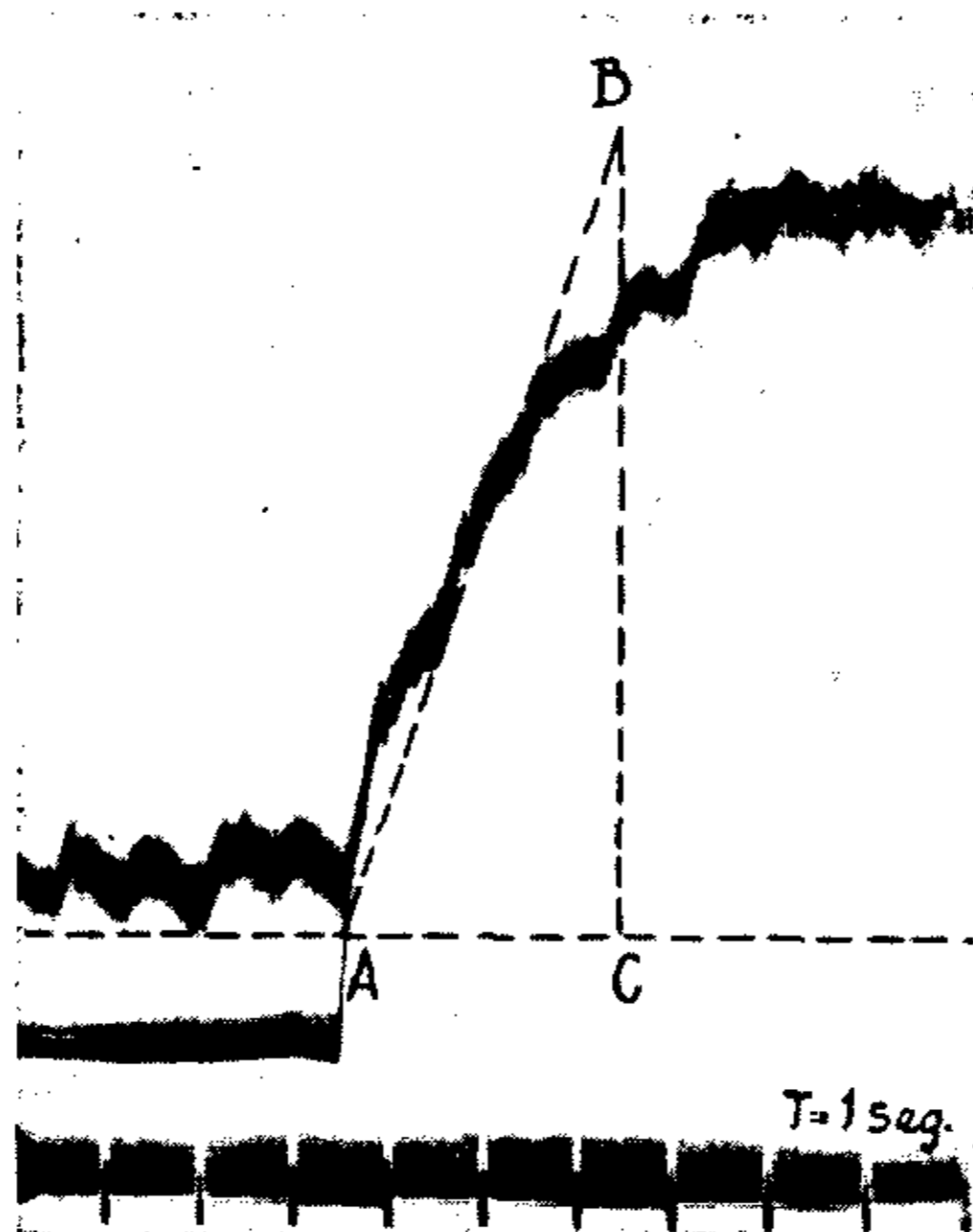


GRÁFICO N° 1

Aspecto de un pletismograma. En A se efectúa la compresión de la raíz del dedo mediante el manguito de goma, con lo cual comienza a aumentar progresivamente el volumen del dedo, tal como puede verse en la curva. Las líneas de punto sirven para el cálculo del caudal sanguíneo. (Véase el texto).

Los cálculos finales se refirieron siempre a centímetros cúbicos de sangre por minuto y por cien centímetros cúbicos de tejido.

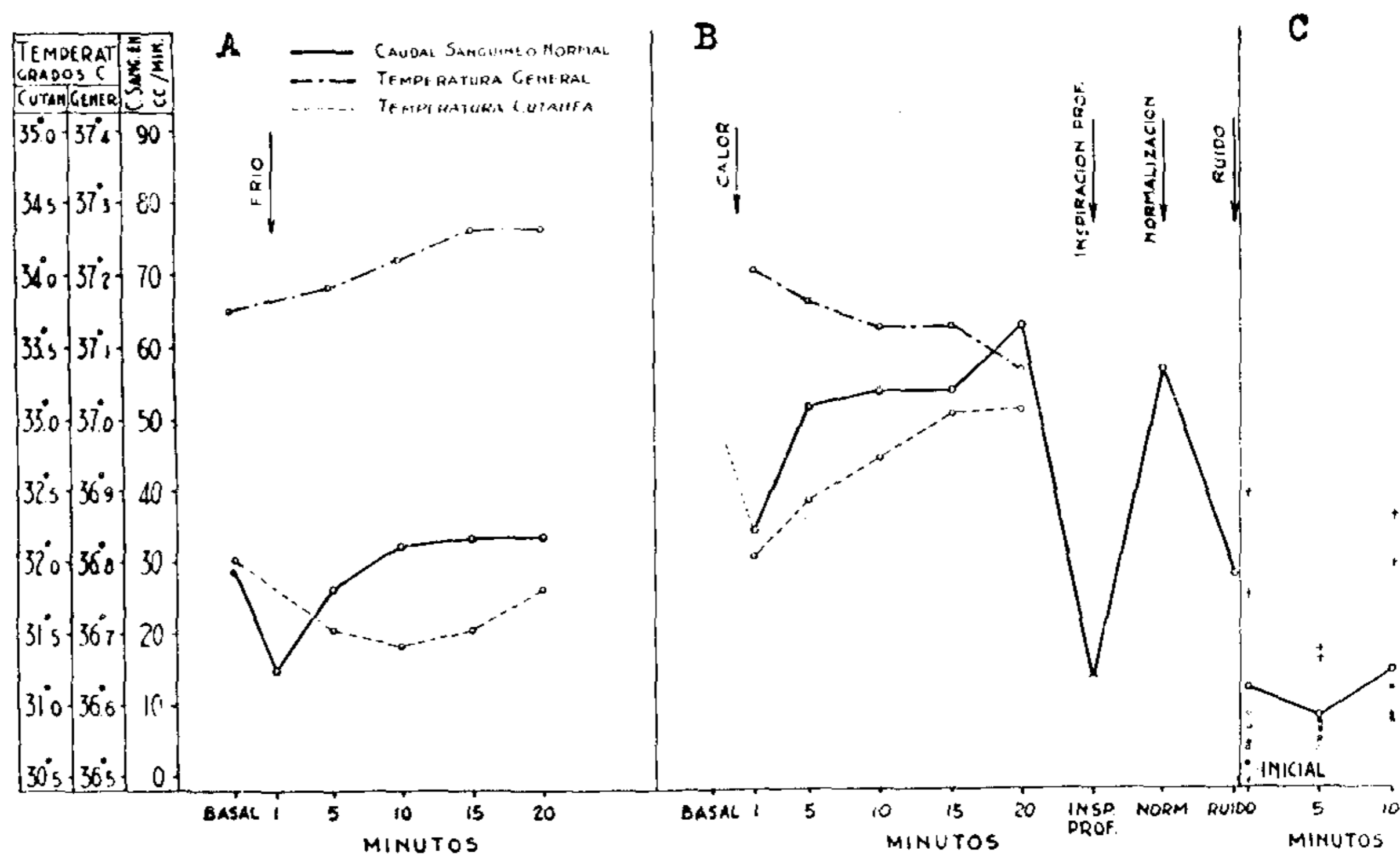
El trazado obtenido en estas condiciones tiene el aspecto que puede verse en el gráfico N° 1. La primera parte del mismo, hasta el punto A, muestra las ondas del pulso. La perpendicular que cae a dicho punto marca el instante en que bruscamente se insufla el aire en los manguitos. La curva se inicia en ese instante y representa el aumento progresivamente creciente del volumen del dedo hasta el momento en que la presión de las venas digitales vence a la del manguito y se restablece la corriente sanguínea eferente.

Para calcular el caudal sanguíneo se traza una horizontal que pase por las ondas diastólicas del pulso. Partiendo del punto A se traza otra recta que toque

tangencialmente la primera o primeras pulsaciones de la curva, también en su porción diastólica (AB). Sobre la línea horizontal, y a partir de A se marca la distancia correspondiente a tres segundos de duración del trazado (AC). Allí se levanta una perpendicular que corta a la línea AB y cuya magnitud (BC) representa el caudal sanguíneo en tres segundos. Para su valoración debe comparársela con el resultado de la calibración, tomando como "standard" las curvas correspondientes a 0.1, 0.2 ó 0.3 cm³ según la amplitud del pletismograma que se calcula. Este resultado se multiplica por 20 para referirlo a 1 min. con lo que tendremos el caudal sanguíneo correspondiente a esa porción de dedo. Por regla de tres simple, se lleva luego a 100 y se obtiene así el resultado definitivo.

RESULTADOS

En todos los sujetos estudiados hemos determinado el caudal sanguíneo basal observando que varía entre 5 y 81 cm³/min./100



GÁFICO N° 2

Curvas construidas con los promedios del caudal sanguíneo (—), la temperatura bucal (—, —), y la temperatura cutánea (....) de un lote de sujetos normales. En A, acción del frío; en B, acción del calor, de la inspiración profunda y de los ruidos; en C, variaciones espontáneas del caudal sanguíneo en diferentes momentos, y en condiciones basales.

cm³ tej. (T. M. 28). En 4 de estos sujetos mantenidos en condiciones basales, hemos tomado pletismogramas de 5 en 5 min. registrando las discretas oscilaciones que pueden verse en el gráfico N° 2-C.

Acción del frío: Sobre un total de 19 sujetos en quienes se practicó la prueba del frío en la forma ya descrita, se registró el mínimo de caudal sanguíneo al minuto de iniciada, en 18 de ellos.

En ese momento se anotaron cifras desde vecinas al 0 hasta 45 $\text{cm}^3/\text{min.}/100$ (T. M. 15). A partir de ese momento el caudal sanguíneo tiende a subir en la mayoría de los sujetos para llegar, al cabo de 20 minutos a cifras vecinas a las observadas en condiciones basales.

Simultáneamente con el descenso del caudal sanguíneo la temperatura bucal asciende levemente y en forma constante hasta los 15 min. para luego estabilizarse. Este fenómeno ha sido observado en todos los sujetos. La temperatura cutánea, en cambio, desciende durante los primeros diez minutos para después ascender levemente hasta llegar a una cifra próxima a la obtenida en condiciones basales.

En 5 sujetos en los cuales se determinó el caudal sanguíneo a los 10 y 20 min. de hacerles retirar sus piernas del agua fría se observó que casi todos ellos mostraron un franco y progresivo aumento de aquél. En el segundo de estos pletismogramas se anotó un caudal sanguíneo que era casi el doble del encontrado en condiciones basales.

Acción del calor: La prueba del calor se llevó a cabo en 12 sujetos siguiendo la técnica antedicha. En la mayor parte de ellos se observó un franco aumento del caudal sanguíneo en los 5 primeros minutos de la prueba, ascendiendo después más lentamente hasta que a los 20 minutos se obtuvieron las cifras más altas. Los extremos registrados fueron 19 y 153 $\text{cm}^3/\text{min}/100$ (T. M. 62).

El registro de la temperatura bucal mostró que ésta desciende evidentemente, observándose los valores más bajos a los 20 minutos de iniciada la prueba. Simultáneamente se comprobó que la temperatura cutánea fué subiendo paralelamente al caudal sanguíneo alcanzando las cifras más altas entre los 15 y 20 minutos de la prueba.

Acción de la inspiración profunda: Se estudiaron 10 sujetos haciéndoles mantenerse durante unos segundos en inspiración profunda: en todos ellos, el caudal sanguíneo cayó considerablemente, registrándose valores desde las proximidades de 0 hasta 37 $\text{cm}^3/\text{min}/100$ (T. M. 3).

Acción del ruido: Se estudió el caudal sanguíneo de 10 sujetos en el instante de la producción de un ruido intenso y sorpresivo, durante la vasodilatación provocada por el calor. En 8 de ellos descendió pronunciadamente y en 2 aumentó moderadamente.

COMENTARIOS

De la determinación del caudal sanguíneo de los dedos en sujetos normales y bajo diferentes estímulos físicos, surgen una serie de consideraciones.

En primer lugar, de acuerdo con nuestras experiencias, se concluye que el caudal sanguíneo es muy variable de un sujeto a otro colocados en condiciones basales y a una misma temperatura ambiente. Es necesario puntualizar que hay numerosas circunstancias capaces de producir variaciones considerables del caudal sanguíneo en sujetos completamente normales. La temperatura ambiente, la ingestión de alimentos, el grado de emotividad del sujeto, etc. pueden alterar fundamentalmente los resultados, por lo tanto todos estos detalles deben ser cuidados al máximo. En estas condiciones el caudal sanguíneo de un mismo sujeto sufre ciertas variaciones espontáneas según los momentos; pero ellas son despreciables en el conjunto de las experiencias (véase gráf. N° 2-c).

La aplicación de frío en los miembros inferiores ocasiona inmediatamente una franca disminución del caudal sanguíneo de los dedos de la mano que puede imputarse a una vasoconstricción refleja, fenómeno conocido desde hace mucho tiempo. A partir de ese momento el caudal sanguíneo sube a pesar de seguir actuando el estímulo térmico.

Las determinaciones térmicas revelaron la disminución de la temperatura cutánea y el ligero aumento de la bucal. En lo que respecta a la primera cabe observar que su descenso está retardado con respecto al del caudal sanguíneo. Referente a la bucal, es interesante señalar que nuestros resultados están en discrepancia con los obtenidos por Wilkins, Doupe y Newmann (1938) quienes, con el enfriamiento de las extremidades inferiores, observan, en cambio, un descenso de la temperatura rectal paralelo al del caudal sanguíneo.

Nuestros resultados pueden interpretarse así: al producirse vasoconstricción periférica por obra del frío, la temperatura central asciende por que dicha vasoconstricción dificultaría la pérdida de calor por radiación. En cuanto al hecho de que tampoco observemos una disminución constante y progresiva del caudal sanguíneo por obra del frío, podría atribuirse a que, después de la vasoconstricción inicial refleja, los mecanismos reguladores corregirían aquel estado anormal no obstante continuar actuando dicho estímulo térmico.

La acción del calor, estudiada en las condiciones antedichas, nos ha permitido comprobar que el caudal sanguíneo aumenta evidente y progresivamente desde los primeros minutos de la prueba, y que estando el sujeto en vasodilatación máxima, la inspiración profunda hace decrecer brusca e intensamente el caudal sanguíneo en un 100% de los casos. Este fenómeno ya fué observado por Binet y Solier (1895), Uhlenbruck (1924) y posteriormente estudiado en forma más detallada por Bolton y colaboradores (1936). Estos últimos sostienen que se debe a un reflejo que parte de la pared torácica y no a una alteración del débito cardíaco o de la presión venosa, ya que el fenómeno no se produce en los miembros desnervados o simpatectomizados y sí en los miembros normales aunque tengan la circulación ocluida.

Normalizado el caudal y siempre en vasodilatación, se produjo un ruido intenso lo que ocasionó, en la mayor parte de los sujetos, una disminución del caudal sanguíneo hasta la mitad de los valores obtenidos en plena vasodilatación y sin estímulo. Este fenómeno fué observado anteriormente por Stürup y col. (1935) entre otros.

Durante la prueba del calor se observó el descenso de la temperatura bucal y franco ascenso de la cutánea. Esta circunstancia podría interpretarse de la misma manera que la observada con el frío. Bajo la acción del calor existe una dilatación arteriolar que trae aparejado un aumento de la temperatura cutánea, pero disminuye la central por pérdida del calor por radiación.

RESUMEN

1. En un grupo de sujetos normales desde el punto de vista cardiovascular se ha estudiado el caudal sanguíneo de los dedos por el método pletismográfico. Estos sujetos fueron sometidos a la influencia del calor, del frío, de la inspiración profunda y de los ruidos.

2. Diecinueve sujetos sometidos a la acción del frío mostraron, a los pocos minutos, descenso del caudal de los dedos, que fué seguido después por un aumento del mismo a pesar de continuar el estímulo térmico. Simultáneamente se observó un leve ascenso de la temperatura bucal y un ligero descenso de la cutánea.

3. Registrado el caudal sanguíneo de algunos de estos sujetos, 10 y 20 minutos de retirado el baño frío, se observó su aumento progresivo, llegando al final de dicho intervalo, a duplicar las cifras obtenidas al iniciar la experiencia.

4. El calor provocó franco aumento del caudal sanguíneo que llegó a sus cifras más altas a los 20 minutos de iniciado el estímulo. Simultáneamente se observó un leve descenso de la temperatura bucal y un franco ascenso de la cutánea.

5. La inspiración profunda disminuye evidentemente el caudal sanguíneo de los dedos que han sido llevados con anterioridad a la vasodilatación completa por acción del calor.

6. Un ruido intenso provocó de inmediato en la mayoría de los sujetos en vasodilatación, un descenso marcado del caudal sanguíneo.

7. El método pletismográfico utilizado para la determinación del caudal sanguíneo de los dedos, en condiciones basales, permitió comprobar la variabilidad de éste de un sujeto a otro, pero una cierta uniformidad en un mismo sujeto y en distintos momentos. Esta circunstancia justificaría su empleo para el estudio de la fisiopatología vascular periférica.

BIBLIOGRAFIA

- Binet, A., Sollier, P.* — "Arch. Phys. Norm. Path." 1895, 7, 719. citado por Bolton y col., 1936.
- Bolton, B., Carmichael, E. A., Sturup, G.* — "J. Physiol.", 1936, 86, 83.
- Cabanne, E. A., Introzzi, A. S., Soldati, L. de* — ESTA REVISTA, 1941, 8, 221.
- Sturup, G., Bolton, B. y Carmichael, E. A.* — Citado por Wilkins y col., 1938.
- Uhlenbruck, P.* — "Z. Biol.", 1924, 80, 51. Citado por Bolton y col., 1936.
- Wilkins, R. W., Doupe, J., Newman, H. W.* — "Clinical Science", 1938, 3, 40.

RÉSUMÉ

L'on étudie le débit circulatoire des doigts par la méthode plétysmographique dans des sujets avec appareil cardiovasculaire sain, soumis à l'influence de divers stimuli.

L'immersion des deux jambes dans de l'eau froide (15°C) produit, après quelques minutes, premièrement, une diminution et puis une augmentation du débit circulatoire, qui continua pendant plus de 20 minutes, pouvant atteindre le double de sa valeur initiale. Simultanément, une légère augmentation de la température bucale et une légère diminution de la température cutanée, eurent lieu.

L'immersion des deux jambes dans de l'eau chaude (45°C) produit une augmentation définie du débit circulatoire: le maximum fut atteint après 20 minutes. Simultanément la température bucale diminua et la température cutanée augmenta. Au maximum de la vasodilatation ainsi obtenue, une inspiration profonde fut suivie d'une réduction marquée du débit circulatoire. Un bruit fort produit le même effet.

Même dans des conditions basales la méthode plethysmographique montre que le débit circulatoire des doigts peut varier d'un sujet à l'autre. Mais dans

même sujet et dans des occasions différentes il est assez uniforme, ce qui justifie son emploi pour l'étude de la circulation périphérique.

SUMMARY

The blood flow through the fingers was recorded by the plethysmographic method in normal subjects and the influence of diverse stimuli was studied.

Immersion of both legs in cold water (15°C) produced after a few minutes, first a decrease and then an increase in the blood flow which continued until after 20 minutes it reached the double of its initial value. Simultaneously a slight increase of the buccal temperatura and a slight decrease of the cutaneous temperature occurred.

Immersion of both legs in hot water (45°C) produced a definite increase of the blood flow, the maximum being attained after 20 minutes. Simultaneously the buccal temperature decreased and the cutaneous temperature increased. In the height of the vasodilatation thus obtained a deep inspiration was followed by a marked reduction of the blood flow. A loud noise produced the same effect.

Even in basal conditions the plethysmographic method shows that the blood flow to the fingers may be very different from one person to the other. But in the same subject, in different occasions, it is fairly uniform, thus justifying its employ for the study of the peripheral circulation.

ZUSAMMENFASSUNG

Man registrierte den Blutstrom der Finger vermittle der pläthismographischen Methode bei Personen mit gesundem Kreislauf, die verschiedenen Reizen ausgesetzt wurden.

Bei 19, die ihre Beine bis zu den Knien im kalten Wasser (15 Grad) hatten, beobachtete man gleichzeitig mit einer leichten Erhöhung der Rektaltemperatur und einer geringen Verminderung der Hauttemperatur, dass sich der Blutstrom in den ersten Minuten verminderte um sich dann zu erhöhen. Die Zunahme verstärkte sich nach dem Bad, um die anfängliche Ziffer nach 20 Minuten zu verdoppeln.

Die Wärme (45 Grad statt 15) zeigte gleichzeitig, mit entgegengesetzten Temperaturveränderungen, eine Erhöhung des Blutstroms mit einem Maximum nach 20 Minuten. Nachdem diese Gefässerweiterung erreicht wurde, erzeugte ein tiefes Einatmen eine deutliche Verminderung des Blutstroms. Dasselbe geschah bei den meisten Personen sofort nach Erzeugung eines intensiven Geräusches.

Obwohl die pläthismographische Methode normalerweise Veränderungen des Blutstroms der Finger von einem Menschen zum anderen zeigt, besteht doch bei einen und demselben Patienten und zu verschiedenen Augenblicken eine bestimmte Beständigkeit, sodass ihre Anwendung für das Studium der Physiopathologie des peripheren Kreislaufs berechtigt erscheint.