

INFLUENCIA DE LAS PRESIONES ABDOMINAL Y TORACICA SOBRE EL RETORNO VENOSO EN LA CAVA INFERIOR

(Estudio sobre un modelo experimental) *

por los doctores

J. DUOMARCO, P. RECARTE y R. RIMINI

Es un lugar común de casi todos los tratados de fisiología considerar que la presión subatmosférica del tórax y sus variaciones respiratorias, así como las variaciones respiratorias de la presión intraabdominal, intervienen en el retorno venoso al corazón.

Tigerstedt¹ considera la aspiración torácica como mecanismo accesorio del retorno venoso, y las variaciones respiratorias de esa aspiración como causa principal de las variaciones respiratorias del gasto y la presión arterial.

Esta interpretación coincide, en lo fundamental, con las de Luciani,² Starling-Evans,³ Landois-Rosemann,⁴ Gley,⁵ Bazzett,⁶ Best y Taylor,⁷ Vischer y colab.,⁸ Franklin,⁹ Eppinger;¹⁰ sin embargo hay discrepancias acerca de los detalles del mecanismo de aspiración, de la parte que desempeñan las variaciones de la presión intraabdominal, así como de la posible diferencia de acciones sobre las venas afluentes de cada sistema cava.

La primera duda fundamental que hemos encontrado sobre este punto, surge de este párrafo de Wiggers:¹¹

“Bajo condiciones especiales, el retorno de sangre al corazón puede ser ayudado por otros mecanismos. Entre éstos, la acción de masaje de la contracción de la musculatura esquelética, la acción aspirante del tórax durante la inspiración profunda y la mayor compresión simultánea de las vísceras abdominales, han sido invocadas como motores accesorios que ayudan al retorno venoso. Todos ellos han sido, sin embargo, recientemente puestos en duda”.

Eyster e Hicks¹² a quienes se refiere Wiggers, realizan experimentos en el perro, en el cual miden el gasto por intermedio de un cardiómetro y hacen variar la frecuencia y profundidad de la respi-

* Trabajo realizado en el Instituto de Medicina Experimental de Montevideo (Uruguay); Director: Prof. Héctor J. Rossello.

ración por acciones sobre el vago, llegando a las siguientes conclusiones:

“En las condiciones de estos experimentos, alteraciones importantes de la respiración tienen pequeño efecto en el gasto sistólico medio o en el gasto por minuto si se los considera a lo largo de un periodo de tiempo. Creemos que la influencia de la respiración en el retorno venoso no es tan grande como se afirma habitualmente”.

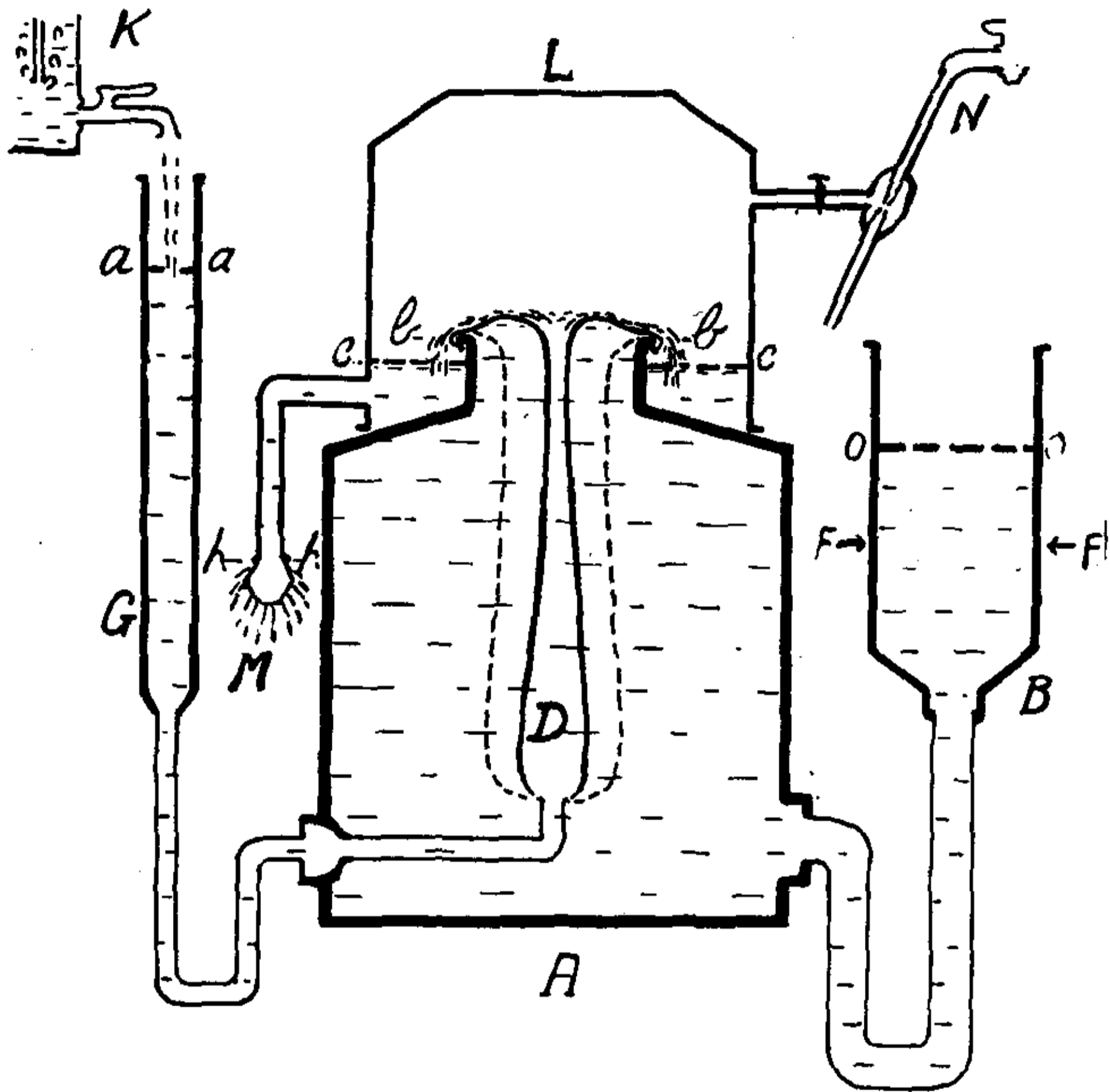


FIG. 1. — Esquema del primer modelo experimental. El tubo flexible “D” representa la vena cava inferior y el diafragma (ver el texto). La posición de los niveles corresponde a las condiciones del hombre normal en posición de pie: la presión sub-atmosférica del lado de la campana creada por la columna líquida de salida “C-h” es menor que la presión sub-diafragmática (también negativa) que corresponde a la altura “b-O”; el tubo flexible está colapsado y el “diafragma” hace saliente hacia arriba. El nivel crítico “F”, está determinado por la aspiración de la campana (“b-F = C-h”).

Aún antes de plantearse la cuestión del punto de vista fisiológico, cabe pensar si las condiciones físicas que imperan en el sistema formado por el tórax, el abdomen y la circulación de este último, permiten una solución del problema.

El factor colapso venoso, estudiado especialmente por Holt,¹³ desempeña una función importante en la acción de la aspiración torácica sobre las venas tributarias de la vena cava superior.

Circunstancias parecidas se dan para la vena cava inferior (V. C. I.) que estudiaremos en un modelo experimental.

Modelo experimental. — El botellón *A* lleno de agua representa el abdomen y su contenido; su presión está indicada por la posición del plano horizontal "0" de presión atmosférica, que puede ser desplazado a voluntad, gracias al movimiento del embudo *B*, en comunicación con el frasco.

El sistema venoso está representado por el tubo de pared elástica muy del-

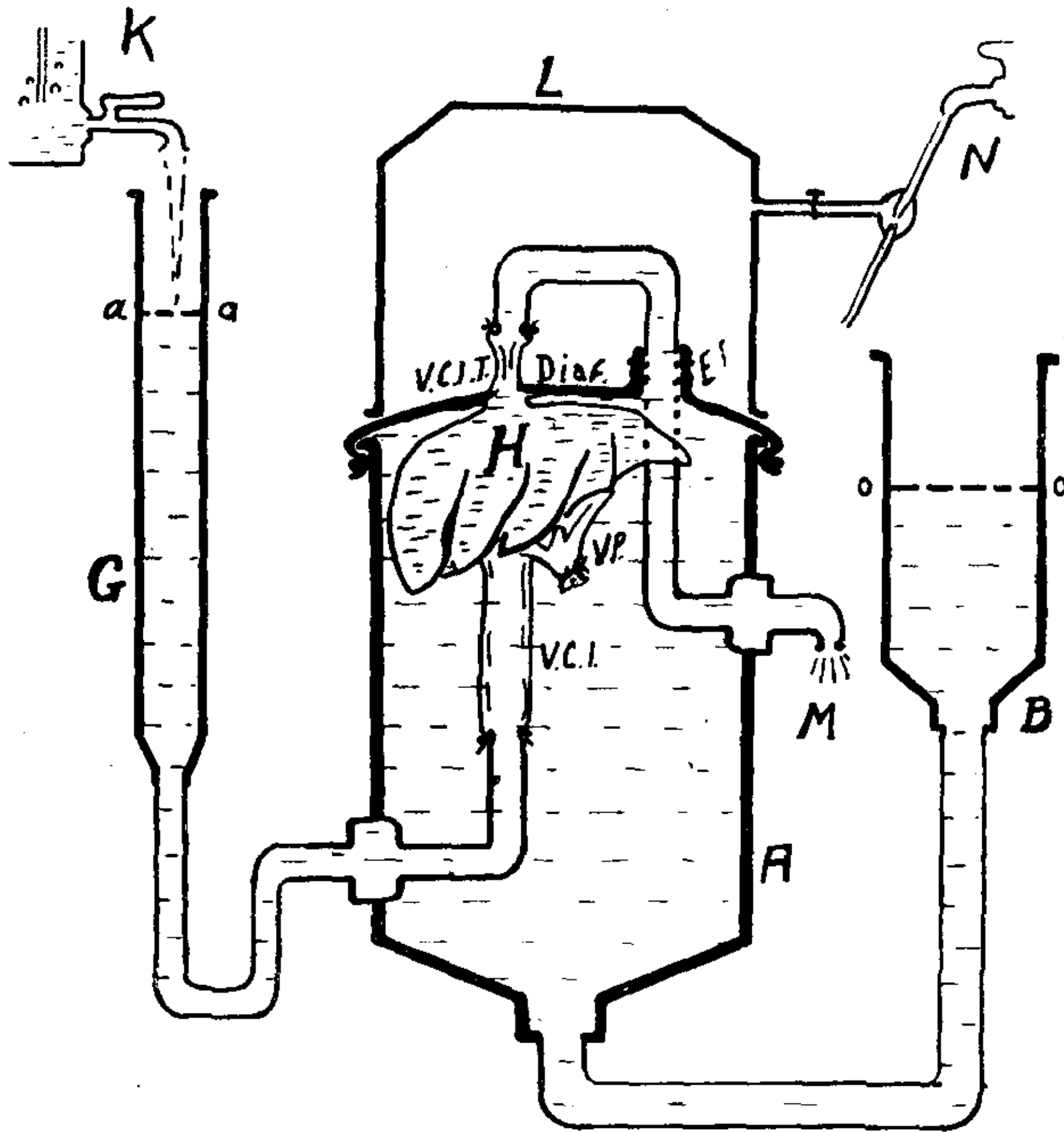


FIG. 2. — Esquema del segundo modelo experimental con el preparado anatómico formado por el hígado, el diafragma y la vena cava inferior (ver el texto).

gada y flexible *D*, que recibe una corriente de agua proveniente de la bureta *G*; ésta a su vez, recibe el líquido del frasco de gasto constante *K*; se puede crear una aspiración semejante a la del tórax, por medio de la campana *L*, que se aplica contra la boca del frasco. La campana tiene un tubo de salida vertical con su extremo valvulado *M*, que al mismo tiempo que deja salir al exterior el líquido que ha atravesado el tubo *D*, mantiene una aspiración constante dentro de la campana. Episodios de mayor aspiración pueden ser creados por una bomba de agua *N*.

El extremo superior del tubo flexible *D*, se adapta a la abertura del frasco *A*, haciendo las veces de diafragma.

Una mayor aproximación a las condiciones naturales, se logra con el dispositivo de la fig. 2, que reproduce los elementos fundamentales del anterior.

pero donde se utiliza un preparado anatómico fresco de perro, en el cual la V. C. I. conserva sus conexiones con el hígado (cuyo pedículo ha sido ligado) y con el diafragma (que se utiliza para cerrar el recipiente lleno de agua que sustituye al abdomen). La salida del líquido fisiológico que ha recorrido la V. C. I. se facilita por el tubo que parte de la V. C. I. torácica, atraviesa el diafragma al cual está fijado por aplicación de un manguito esofágico y sale finalmente al exterior en *M*.

En cualquiera de los dos dispositivos se reúnen las condiciones físicas que actúan en el animal entero y que han sido expuestas en un trabajo anterior,¹⁴ a saber:

a) Un medio abdominal con las características de una columna hidrostática de la densidad del agua.

b) Un medio torácico gaseoso separado del anterior por una membrana elástica (diafragma).

c) Una corriente líquida que después de atravesar el contenido abdominal, del cual está separada por un tubo fino y colapsable (V. C. I.), se vierte en el medio torácico.

En estos modelos experimentales, estudiamos las condiciones que actúan sobre el retorno venoso, para lo cual modificamos; ya sea el gasto (por intermedio de la llave *K*), ya sea la presión abdominal (por desplazamiento del embudo *B*); ya sea la aspiración del tórax (por desplazamiento vertical del extremo *M* del tubo de salida —fig. 1— o por medio de la trompa de agua *N*).

Las modificaciones concomitantes de la circulación pueden ser apreciadas por la posición del nivel "a" de la bureta *G*. Una vez alcanzado el equilibrio hidráulico, es decir, cuando el gasto de *K* es igual al de la abertura superior del frasco, tendremos:

1) Todo aumento del gasto del frasco *K* produce una elevación del nivel "a".

2) Siendo constante el gasto, una elevación del nivel "a" traduce un aumento de resistencia al pasaje de líquido por el dispositivo.

3) La diferencia entre los niveles "a" y "O" es un índice de la diferencia entre la presión intravascular y la presión extravascular o abdominal, en un punto cualquiera y determinado de la circulación del "abdomen".

En la fig. 3 se representan esquemáticamente distintos momentos de los experimentos realizados que definen el comportamiento del modelo desde el punto de vista que nos interesa.

En la fig. 3-II se ha colocado el nivel "O" a la misma altura que el nivel de salida "b"; una vez alcanzado el equilibrio hidrodinámico (lo que corresponde a la estabilización del nivel "a") se observa un desnivel ("a - b") = ("a - O") que depende del gasto y de la resistencia propia del sistema. El tubo flexible se encuentra en una posición inestable, sumamente "sensible" a pequeñas variaciones del nivel "O".

En la fig. 3-I se representa el equilibrio que se produce cuando se eleva el nivel "O" por encima del "b". Se observa que el nivel "a" se ha elevado en el mismo valor, el tubo flexible se ha colapsado y su extremidad superior hace saliente convexa hacia arriba.

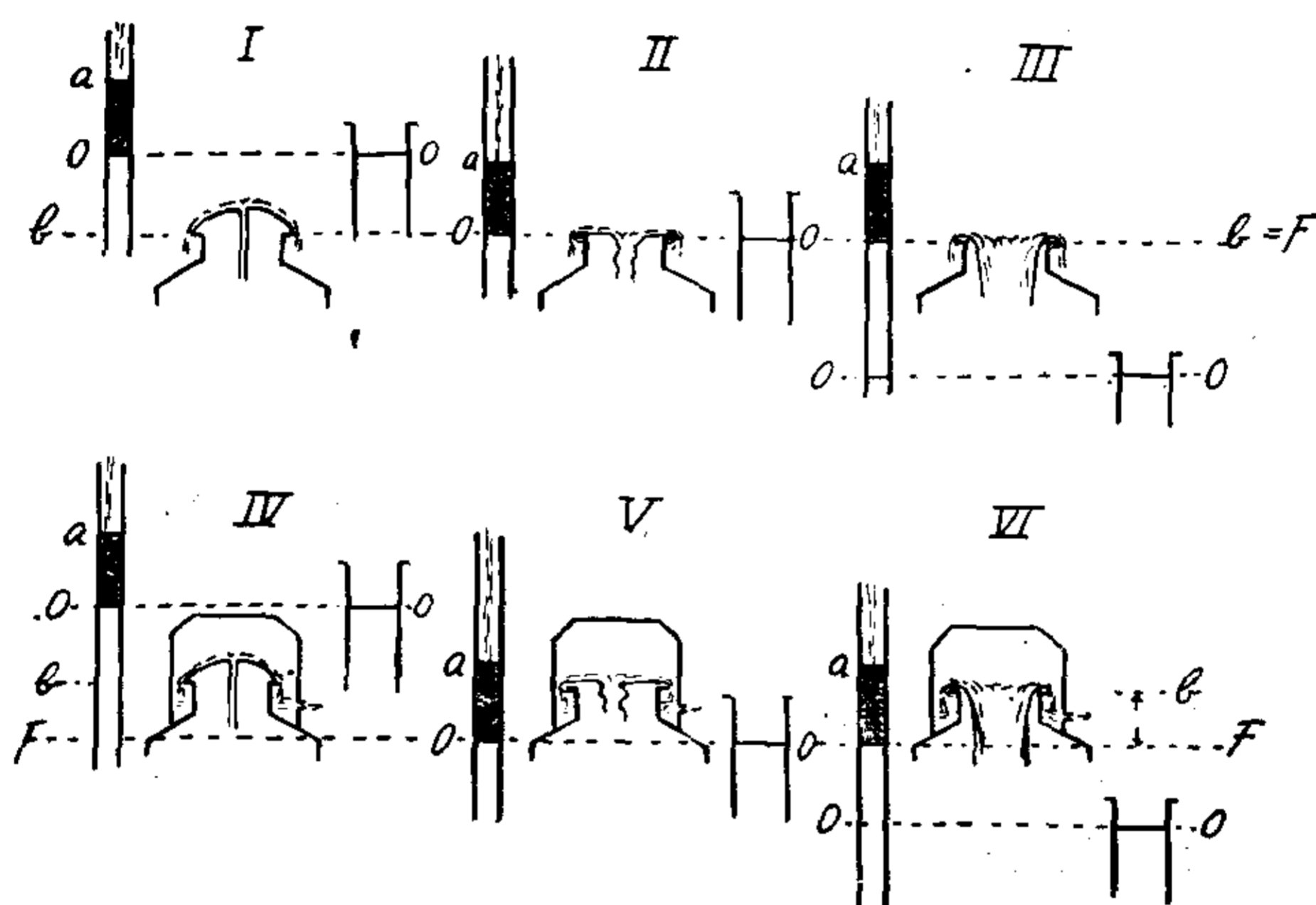


FIG. 3. — Distintos momentos de los experimentos realizados con el primer modelo experimental. (ver el texto). Arriba: sin aspiración de la campana ("b" = "F"). Abajo: con aspiración de la campana ("F" < "b"). I y IV; tubo flexible en posición de colapso. II y V: ídem en posición sensible. III y VI: ídem en posición de distensión.

Si, a partir del equilibrio en 3-II, descendemos el nivel "O" por debajo del "b" (fig. 3-III) se observa que el nivel "a" se mantiene en su posición inicial, sin acompañar al nivel "O" en su descenso. El tubo flexible se distiende.

Partiendo del equilibrio representado en la fig. 3-I, se ha colocado una campana mediante la cual se ejerce sobre la abertura del frasco una aspiración determinada; el tubo flexible sigue en la posición de colapso; los niveles "a" y "O" no se modifican (fig. 3-IV).

Si ahora hacemos descender gradualmente el nivel "O", se observa que es seguido por igual desplazamiento del nivel "a" hasta un determinado nivel crítico de "O" (nivel "F"), en el cual el tubo flexible adopta la forma "sensible" (fig. 3-V). Para ulteriores descensos del "O", el tubo flexible se distiende y el nivel "a" permanece constante.

Esta nueva posición crítica del nivel "O" difiere de la posición análoga de la fig. 3-II en el valor de la columna líquida "b-F" que mide la aspiración de la campana.

Si, finalmente, estando el tubo distendido (fig. 3-III) ejercemos una aspiración con la campana, se producirá un descenso del nivel "a" (fig. 3-VI), que corresponde a igual desplazamiento del nivel crítico y que tiene un límite en el momento en que dicho nivel crítico alcanza el nivel "O"; en ese instante se produce el colapso del tubo flexible y el nivel "a" queda fijo para una mayor aspiración de la campana.

Los resultados experimentales se representan gráficamente en la fig. 4. La serie de columnas rectangulares tienen por límite superior el nivel "a" y por límite inferior el nivel "O"; se representa

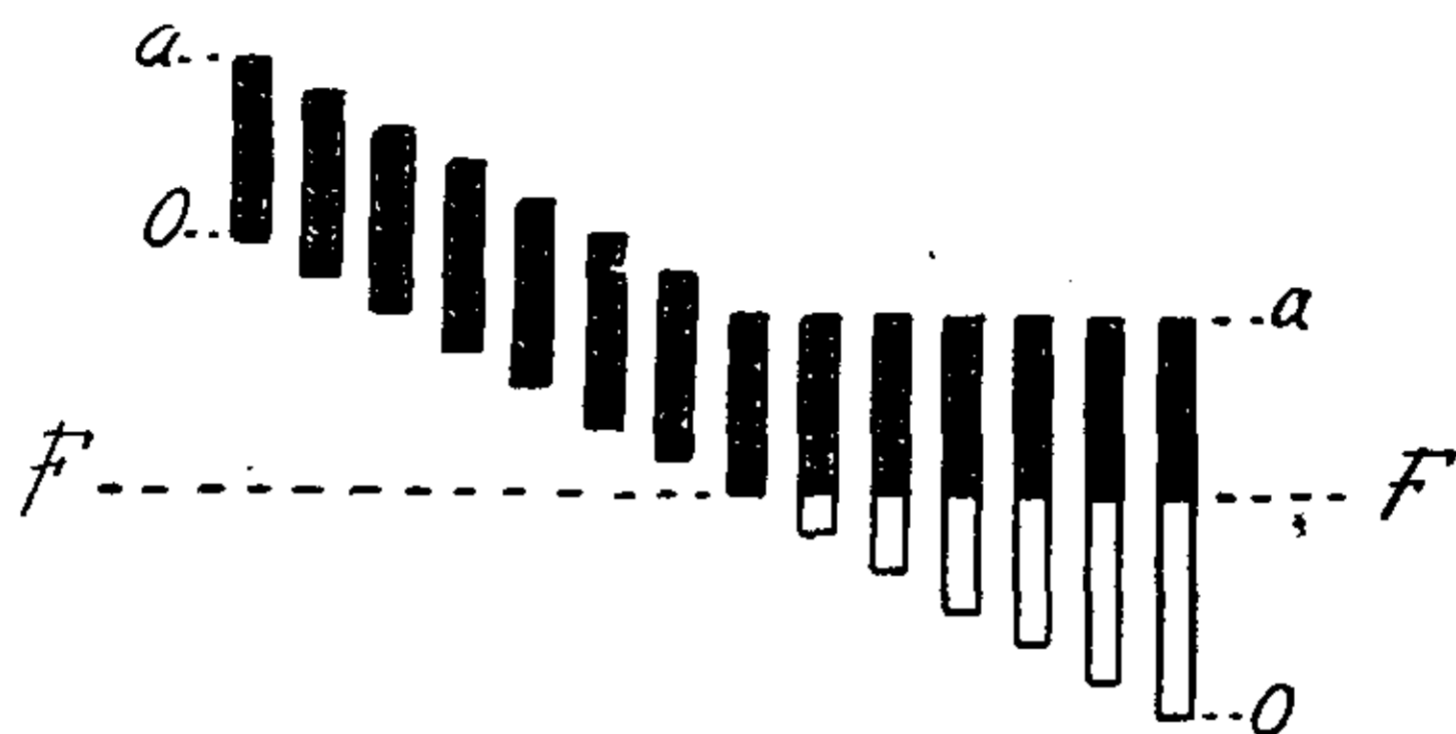


FIG. 4. — Posición relativa de los niveles "a", "O" y "F" (ver el texto).

además el nivel crítico "F", cuya posición depende de la presión que existe en el interior de la campana. Se observa: 1) Siempre que "O" se encuentra por encima de "F", la diferencia "a-O" se mantiene constante. 2) Cuando el nivel "O" se encuentra por debajo de "F", "a" se independiza de "O", quedando fijo a una altura "a-F" (igual a la anterior diferencia "a-O") por encima del nivel crítico.

En conclusión: Si consideramos la relación existente entre el nivel "a" y los niveles "O" y "F", se ve que "a" está siempre a una altura fija por encima del más elevado de los otros dos. Dicha distancia vertical depende del gasto y la resistencia del sistema. De la posición relativa de los niveles "O" y "F", depende la forma adoptada por el tubo flexible. Este se colapsa cuando $"O" > "F"$; se encuentra en posición sensible para $"O" = "F"$, y está distendido para $"O" < "F"$.

En condiciones normales, el abdomen, el tórax, y el sistema venoso abdominal, se encuentra en las condiciones de las figs. 3-I y 3-IV (que es el caso también de las figs. 1 y 2); se cumplen entonces otras tres características que hemos señalado,¹⁴ en el animal entero, a saber:

d) Existe una mayor presión del lado abdominal que del lado torácico del diafragma.

e) La vena cava inferior se encuentra en posición de colapso y por consiguiente existe una presión prácticamente idéntica en su interior y en el medio abdominal que la rodea.

f) El líquido que ha recorrido la V. C. I. experimenta un brusco descenso de presión al penetrar en el tórax.

En tales condiciones:

I) La resistencia propia de la circulación abdominal aumenta con la presión abdominal (puesto que la elevación del nivel "O" se acompaña de la misma elevación del nivel "a").

II) La diferencia entre las presiones intra y extra-vascular (abdominal), es independiente de la presión abdominal (puesto que la diferencia "a-O" es constante).

III) La aspiración torácica y sus variaciones no afectan el retorno venoso abdominal (puesto que los niveles "a" y "O" no varían con la aspiración de la campana).

Estos hechos ocurren en cualquiera de los dos modelos estudiados y con toda probabilidad en el animal entero.

En ciertos estados patológicos, cuando la V. C. I. está anormalmente ingurgitada desde su porción torácica¹⁴ se da el caso de las figs. 3-III y 3-VI, donde el tubo flexible está distendido y por consiguiente en las condiciones de un tubo rígido. Una aspiración de la campana produce un descenso del nivel "a", lo que indica una mayor facilidad a la circulación abdominal (disminución de la vis a fronte').

Más parecido a la distensión patológica de la vena cava ofrece el esquema de la fig 5, donde la distensión del tubo flexible se produce por un aumento de la presión intravascular debido a la prolongación del tubo flexible por uno rígido, y donde se conserva la convexidad hacia arriba del diafragma. Se observa que la distensión del sistema venoso, en estas condiciones patológicas, puede evitarse; ya sea por una elevación suficiente del nivel "O" (fig. 5-I) o por un descenso suficiente del nivel "F", creado por la aspiración de la campana (fig. 5-III).

En el curso de todos estos experimentos, se recogieron algunos hechos colaterales de interés como son los siguientes:

Cuando el tubo flexible está colapsado, la aspiración de la campana no produce modificaciones de los niveles, pero si esa aspiración es brusca, se producen

oscilaciones transitorias de los niveles "a" y "O" en relación con las oscilaciones del propio diafragma.

Llama también la atención el hecho que las diferencias de niveles ("a-O") y ("a-F") sean iguales (fig. 4); dichas diferencias de nivel representan las cabezas de presión que mueven el líquido en condiciones en que el tubo flexible está colapsado y distendido respectivamente (figs. 3-I y 3-III), lo que demostraría que en las condiciones del experimento, la resistencia opuesta por el tubo flexible no se modifica apreciablemente por tan grandes variaciones de forma y calibre.*

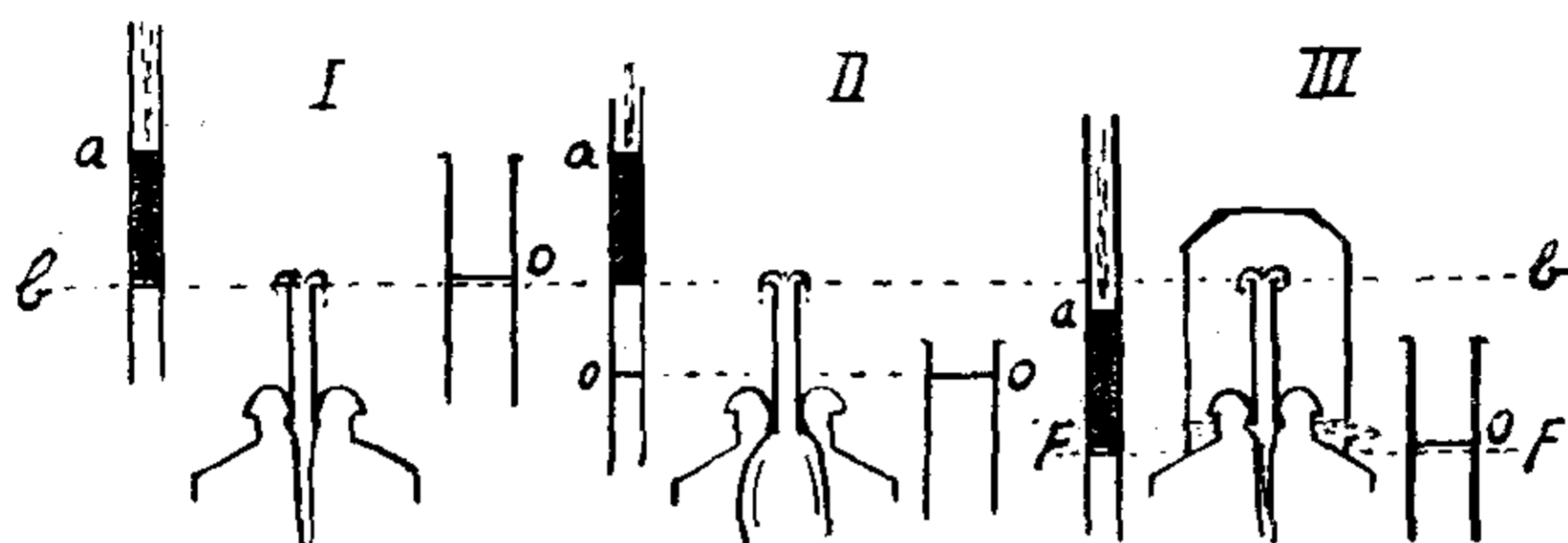


FIG. 5. — Acción colapsante de la hipertensión abdominal (I) y de la aspiración torácica (III), sobre la distensión de la "vena cava inferior" (II), creada por una dificultad "patológica" a su evacuación (ver el texto).

Otro hecho llamativo es el siguiente: cuando se usa el dispositivo de la fig. 2, la salida por el tubo rígido que termina en *M*, se acompaña de un latido de la porción supra-diafragmática de la V. C. I., cuya frecuencia aumenta si se hace descender el extremo del tubo *M* y que puede hacerse desaparecer por un cierre parcial y suficiente de dicho extremo.

Finalmente, cuando trabajamos con el modelo de la fig. 2, se observa que, al producirse una aspiración suficientemente grande con la campana *L*, lejos de aumentar la salida por el orificio *M* ocurre una reducción temporaria, mientras se ingurgita el segmento de la V. C. I. torácica.

CONSECUENCIAS FISIOLÓGICAS

Resulta de los anteriores experimentos, que la aspiración del tórax y sus variaciones, así como las variaciones de la presión abdominal, no pueden influir directamente sobre el retorno venoso. Como ha sido sugerido por Holt¹³ para el caso de las venas tributarias de la cava superior, puede pensarse que la aspiración del tórax sobre el abdomen, al producir otro mecanismo de colapso, no sólo no facilita el retorno venoso, sino que evita que éste pueda ser influido por variaciones intempestivas de la presión intratorácica.

* De hecho, hemos encontrado en la mayoría de los casos, que el desnivel "a-b" (cuando el tubo está distendido) es ligeramente superior al "a-O" (cuando está colapsado), lo que no tiene una explicación fácil.

En forma indirecta, cualquier variación de presión abdominal influye sobre el retorno venoso del abdomen, al actuar primariamente sobre la resistencia vascular del extenso territorio abdominal, o al variar el obstáculo que se opone al retorno venoso proveniente de los miembros inferiores.

Los valores pequeños de la presión intra-abdominal y sus variaciones, comparados con los de la presión arterial, sugieren que esta acción indirecta es de importancia limitada, aún cuando podría intervenir en la producción de las variaciones respiratorias de la presión arterial.

En condiciones normales, no tiene ninguna importancia para el retorno venoso, el grado de aspiración del tórax, o si se quiere, la diferencia de presión entre las dos caras del diafragma, pero esa diferencia representa un valor de reserva que se pondrá a contribución cuando, por causas normales o patológicas, aumente la presión sanguínea pre-auricular necesaria para rendir un gasto determinado.

En el esquema de la fig. 5, pudimos ver que, cuanto mayor sea la aspiración del tórax, tanto más puede aumentar la presión en el cabo torácico de la V. C. I., sin que se produzca la distensión del sistema venoso abdominal.

En ciertas condiciones patológicas, como la insuficiencia ventricular derecha, las pausas ventriculares prolongadas, la estenosis tricúpidiana, etc., se realiza el caso de una V. C. I. distendida por una mayor presión interna, desde su extremo torácico; en tal caso, la aspiración torácica facilita el pasaje de sangre a la aurícula derecha y la inspiración acentúa dicho pasaje. La presencia de la válvula tricúspide puede evitar que se pierda en la espiración lo que se ha ganado en la inspiración; en ese caso, los movimientos respiratorios constituyen un auxiliar importante de la circulación. Es igualmente claro que en estas circunstancias una compresión abdominal suficiente, puede determinar el colapso venoso y llegar a producir el conocido fenómeno del "reflujo hepato-yugular".

SUMARIO Y CONCLUSIONES

- 1) Se estudia un modelo experimental que realiza las condiciones físicas del retorno venoso de la vena cava inferior.
- 2) En esas condiciones existe un fenómeno de colapso venoso que impide que las variaciones de aspiración torácica o de presión

intraabdominal, influyan directamente en el retorno venoso.

3) La diferencia de presión tóraco-abdominal protege al sistema venoso del abdomen contra un fácil estancamiento.

4) En ciertas condiciones en que la V. C. I. está distendida, la mecánica respiratoria puede cooperar en la función cardíaca.

BIBLIOGRAFIA

1. *Tigerstedt, R.* — "Die Physiologie des Kreislaufes". 2ª Ed., vol. IV, Berlín-Leipzig, 1923.
2. *Luciani, L.* — "Fisiología dell'Uomo". 3ª Ed., vol. I, Milano, 1920.
3. *Evans, C. L.* — "Starling's principles of Human Physiology". 7ª Ed., London, 1936.
4. *Rosemann, R.* — "Landois'Lehrbuch der Physiologie des Menschen". 18ª Ed., Berlín-Wien, 1923.
5. *Gley, E.* — "Tratado de Fisiología". Trad. de la 4ª Ed. francesa, Barcelona, 1923.
6. *Bazzett, H. C.* — "Macleod's Physiology in Modern Medicine". 8ª Ed., London, 1938.
7. *Best, C. H., and Taylor, N. B.* — "The Physiological basis of Medical Practice". 3ª Ed., Baltimore, 1943.
8. *Visscher, M. B.; Rupp, A., and Scott, F. H.* — The respiratory wave in arterial blood pressure. "Am. J. of Physiol.", 1924, 70, 586.
9. *Franklin, K. J.* — "A monograph on veins", Springfield-Baltimore, 1937.
10. *Eppinger, H.* — "Die Leberkrankheiten", Wien, 1937.
11. *Wiggers, C. J.* — "Physiology in Health and Disease". 2ª Ed., London, 1937.
12. *Eyster, J. A. E., and Hicks, E. V.* — Effect. of respiration on cardiac out put. "Am. J. of Physiol.", 1933, 104, 358.
13. *Holt, J. P.* — The collapse factor in the measurement of venous pressure. "Am. J. of Physiol.", 1941, 134, 292.
14. *Duomarco, J.; Rimini, R., y Recarte, P.* — La presión intraabdominal y la presión en la vena cava inferior. "Esta revista, 1944, 11, 273.

RÉSUMÉ

On étudie un modèle d'expérimentation qui réalise les conditions physiques du retour veineux de la veine cave inférieure. Dans ces conditions il existe un phénomène de colapso veineux qui empêche que les variations de l'aspiration thoracique ou de la pression intra-abdominale puissent influencer directement le retour veineux. La différence de la pression thoracique-abdominale protège le système veineux de l'abdomen contre un engorgement facile.

Dans certaines conditions où la veine cave inférieure est distendue, la mécanique respiratoire peut coopérer dans la fonction cardiaque.

SUMMARY

An artificial experimental model was devised in which the physical conditions which determine the venous return in the inferior vena cava were studied.

In the case of the inferior vena cava there is a phenomenon of venous collapse which make it impossible for the variations of thoracic and abdominal pressure to influence directly the venous return.

The thoraco-abdominal pressure difference protects the abdominal venous system from any easy stagnation.

Only in certain conditions in which the inferior vena cava is distended the pressure variations due to respiration may cooperate in the venous return.

ZUSAMMENFASSUNG

Man studiert eine Apparatur welche die physikalischen Bedingungen des venösen Rückflusses der vena cava inf. wiedergibt. Bei diesen Bedingungen entsteht ein Venenkollaps der verhindert, dass die Variationen der Thoraxaspiration und des intraabdominellen Drucks einen direkten Einfluss auf den venösen Rückfluss haben können. Der Unterschied des thorako-abdominellen Drucks schützt das venöse System des Abdomens gegen eine leichtauftretende Stauung. Bei bestimmten Umständen von erweiterter vena cava inf., kann der Atmungsmechanismus der Herzaktion zur Hilfe kommen.