

LA PRESION INTRAPLEURAL Y LA PRESION DE LOS TRONCOS VENOSOS DEL TORAX *

por los doctores

J. DUOMARCO, R. RIMINI y P. RECARTE

En este artículo hemos abordado el estudio de las relaciones entre la presión intratorácica y la presión de los grandes troncos venosos del tórax; él complementa otros anteriores ^{1, 2, 3} donde estudiábamos análogas relaciones entre la presión intraabdominal y la presión de las grandes venas del abdomen.

Como expresión de P. torácica hemos tomado la P. intrapleural previo un pequeño neumotórax; a pesar de que ésta no sea idéntica a la P. pleural virtual antes del neumotórax, a pesar de que esta última no pueda considerarse perfectamente homogénea y a pesar de que sea inferior a la que reina en el propio pulmón y por consiguiente en casi todo el territorio torácico, es fácil comprender que el dato experimental utilizado es el más apropiado para el estudio de las condiciones que reinan normalmente en el ambiente adyacente a las grandes venas y cavidades cardíacas.

Como expresión de la P. venosa hemos tomado los datos provenientes de diversos puntos a lo largo de la vena cava superior (V. C. S.), aurícula derecha (A. D.) y, accesoriamente, de la vena yugular externa (V. Y.), tronco común y porción torácica de la vena cava inferior (V. C. I. T.).

Aparte de las dificultades que surgen de comparar un medio líquido con uno gaseoso, están las que dependen del movimiento del medio líquido, de la posición del tórax y de las perturbaciones originadas por la introducción de la sonda. A pesar de estas dificultades y limitaciones, las conclusiones obtenidas son claras y de inmediata aplicación a numerosos problemas que en parte examinaremos, y especialmente al que tiene relación con el verdadero estado (distensión o colapso) de los grandes troncos venosos del tórax.

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

MATERIAL Y TÉCNICA

Se utilizaron 14 perros anestesiados con cloralosa; se hizo la inscripción óptica simultánea de la P. intrapleural (trasmisión a aire) y de la P. venosa (trasmisión a líquido) a niveles escalonados a lo largo de la V. Y. derecha, tronco común, V. C. S., A. D. y, en algunas oportunidades, V. C. I. T.

Para el registro de la P. pleural se utilizó una cánula fenestrada en comunicación con un pequeño neumotórax. Para el de la P. venosa se utilizó una sonda de vidrio de 2 mm. de luz, provista en su extremo de un orificio terminal o lateral. La sonda se introduce por un ojal de la V. Y. derecha, a profundidades que pueden ser determinadas fácilmente desde afuera; en una parte de los experimentos se usó una cánula de doble pared (fig. 7) en comunicación con dos manómetros ópticos que registraban simultáneamente las presiones laterales y terminal del punto elegido en el sistema venoso.

Las curvas de P. pleural se valoraron por comparación con presiones conocidas de una cámara gaseosa; las de P. venosa por comparación con columnas líquidas de valor conocido. Para la determinación de los valores absolutos de las presiones en el extremo de la sonda venosa es necesario hacer la deducción del valor de la columna líquida (instrumental) que se extiende entre el orificio de la sonda y el nivel del espejo manométrico.

Es necesario tener presente que las curvas obtenidas con la sonda de agujero lateral corresponden a la P. lateral del vaso, a la altura del orificio, mientras que las obtenidas con sonda de agujero terminal debieran, en principio, registrar una presión igual a la anterior menos o más (según la orientación del extremo de la sonda con relación al sentido del movimiento de la sangre) un valor proporcional al cuadrado de la velocidad sanguínea en ese punto.

En algunas experiencias se registró también el valor de la P. abdominal según la técnica anteriormente descrita¹.

Es de la mayor importancia, para la interpretación de las curvas de P. venosa, tener presente que *cuando la extremidad de la sonda captadora se desplaza en un medio hidrostático de la misma densidad del líquido manométrico, el manómetro no acusa ninguna variación, y su posición depende solamente de la altura de la superficie libre de dicho medio con relación al nivel de los espejos. En cambio, cuando el desplazamiento de la sonda se produce en un medio gaseoso, el manómetro acusa las variaciones correspondientes de la columna líquida instrumental que se extiende entre el extremo de la sonda y el nivel de los manómetros.*

RESULTADOS DE LAS EXPERIENCIAS

I) Experimentos con el perro en posición horizontal

La fig. 1-A corresponde a una experiencia en la cual fueron registradas las presiones pleural, abdominal y venosa terminal a diferentes profundidades.

En cada trozo se señala la posición probable del extremo de la sonda en el sistema venoso del animal y su distancia en centímetros por fuera (flecha a la izquierda), o por dentro (flecha a la derecha) del límite cervico-torácico y el nombre del segmento venoso probable.

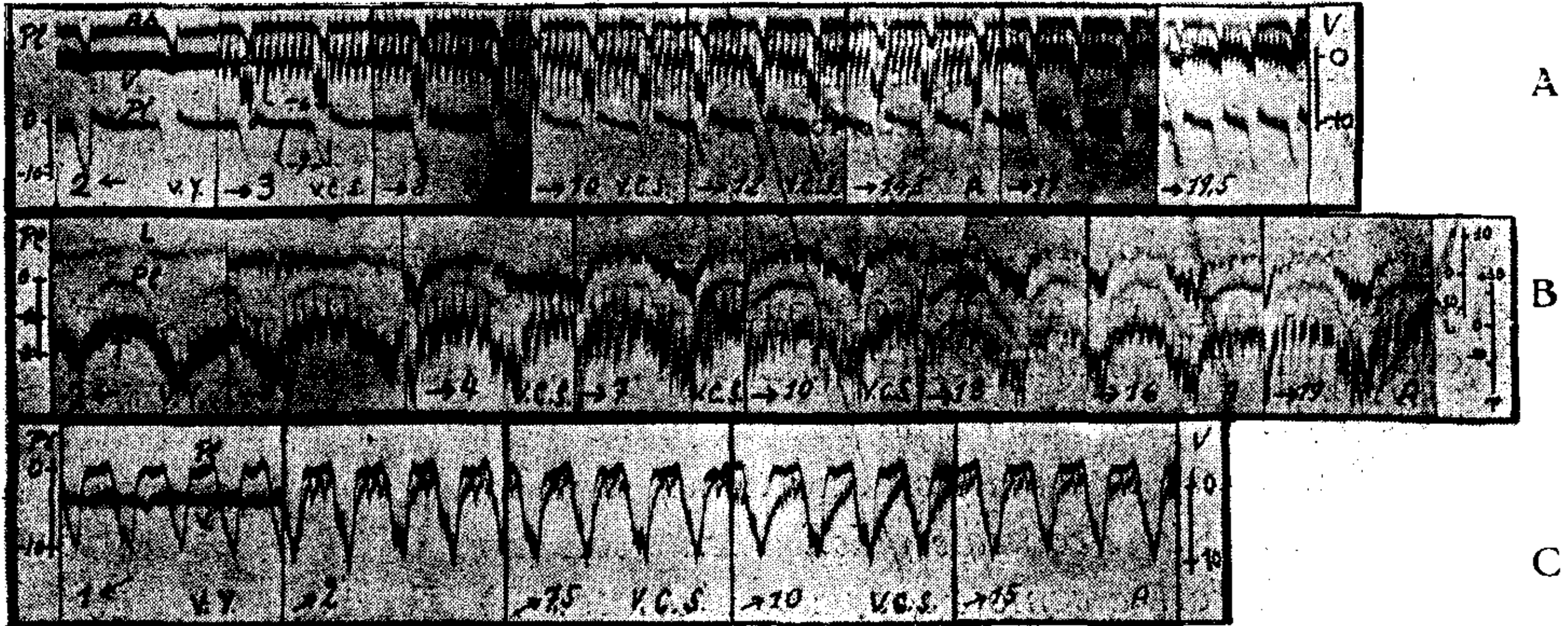


FIG. 1. — Curva de presiones pleural (Pl), venosa lateral (L), venosa terminal (T) y abdominal (Ab) en el perro en posición horizontal. Se indican los cm. a que se halla el extremo de la sonda por fuera (flecha a la izq.) y por dentro (flecha a la der.) del límite cervico-torácico y el nombre del segmento venoso probable. La estandarización da el valor de la P. venosa en el extremo de la sonda. (Descripción detallada en el texto).

A todo lo largo del trayecto venoso, desde la V. Y. hasta la A. D., no se observan modificaciones significativas del nivel medio de la línea de base venosa; en el primer trozo, mientras la sonda no ha penetrado en el tórax, no se inscriben deflexiones cardíacas y las respiratorias están muy amortiguadas; en los 5 trozos siguientes se inscribe la actividad respiratoria y cardíaca con leves diferencias de un trozo a otro; en los dos últimos, las deflexiones cardíacas se encuentran algo atenuadas, lo que podría depender de la aplicación del orificio terminal de la sonda contra la pared de la aurícula o de su introducción en la V. C. I. T.

La fig. 1-B corresponde a un experimento realizado en un animal de gran tamaño (26 kgs.); se ha registrado junto con la P. pleural, las presiones venosas lateral (L) y terminal (T), obtenidas por medio de la doble cánula.

Se observan como en el caso anterior, en los primeros trozos, cuando la sonda no ha penetrado en la cavidad torácica, la amortiguación de las deflexiones respiratorias y cardíacas; en el resto de la experiencia se conserva el nivel medio

de las dos curvas venosas, pero mientras la lateral se mantiene muy semejante a sí misma, en la terminal se modifican apreciablemente las deflexiones de origen cardíaco, en relación, probablemente, con la variación regional de la velocidad y sentido de la corriente venosa.

En la fig. 1-C se reproduce otra experiencia (P. pleural y P. venosa terminal) en un perro en posición de ligero Trendelenburg (aproximadamente 25°). Se reproducen los mismos hechos citados anteriormente; es especialmente visible la amortiguación de la curva venosa en la V. Y.; en el interior del tórax se nota la constancia de su conformación y de su valor absoluto y su paralelismo con relación a la curva de P. pleural.

En todos estos experimentos la estandarización (fig. 5-B) permite establecer la proximidad de los valores absolutos de la P. pleural y de la línea de base de la P. venosa en cada punto del recorrido horizontal de la sonda, una vez descontado el valor de la columna líquida que se extiende desde el nivel del extremo de la sonda hasta el de los espejos.

Resumiendo (fig. 6-A): En el animal en posición horizontal a todo lo largo del sistema formado por la V. C. S. y la A. D. (y eventualmente también por la V. C. I. T.) explorado con una sonda rígida que se desplaza en un mismo plano horizontal, se observa: 1) *Todos los puntos del sistema tienen la misma curva de presión cuya línea de base coincide prácticamente con la curva de P. pleural, tanto en la forma como en el valor absoluto.* 2) En dicha línea de base (respiratoria) se inscriben las deflexiones de origen auricular que se transmiten a todo lo largo del trayecto venoso estudiado, sin amortiguación apreciable. 3) Entre los diferentes segmentos no se observan sino muy leves diferencias de presión, atribuibles a la presión hidráulica (*vis a tergo*). 4) Cuando el extremo de la cánula se encuentra fuera del tórax (en la V. Y.) se observa una marcada amortiguación de las deflexiones de origen respiratorio y cardíaco.

II) Experimentos en el perro en posición vertical, cabeza abajo

En los trazados correspondientes se indica, en cada trozo, el lugar probable en que se encuentra el extremo de la sonda venosa y su distancia por arriba (+) o por debajo (—) de la horquilla esternal tomada como "O".

En la experiencia de la fig. 2-A (que corresponde al mismo animal de gran tamaño citado anteriormente) se observa el estrecho paralelismo de la curva de P. pleural y de las dos de P. venosa (lateral y terminal); ese paralelismo subsiste aún cuando el extremo de la cánula venosa se encuentra fuera del tórax, en la V. Y. ingurgitada. Es posible distinguir con dificultad un ligero descenso de las curvas venosas, a medida que se introduce la cánula hacia la A. D. En el último trozo, cuando el extremo de la sonda se halla en la proximidad de la

A. D. se observa una elevación de la curva de P. lateral y una atenuación de las oscilaciones cardíacas en la de P. terminal.

La fig. 2-B reproduce otra experiencia semejante a la anterior: se nota la misma forma y el valor medio casi constante de las curvas de P. venosa, el muy ligero descenso tensional desde la V. Y. a la A. D. y un claro aumento de la P lateral (con atenuación de las oscilaciones cardíacas de la P. terminal) cuando la cánula asciende por la A. D. y se introduce eventualmente en la V. C. I. T. Se nota aquí, además, una amortiguación de las oscilaciones respiratorias, amortiguación que decrece de la V. Y. a la A. D.

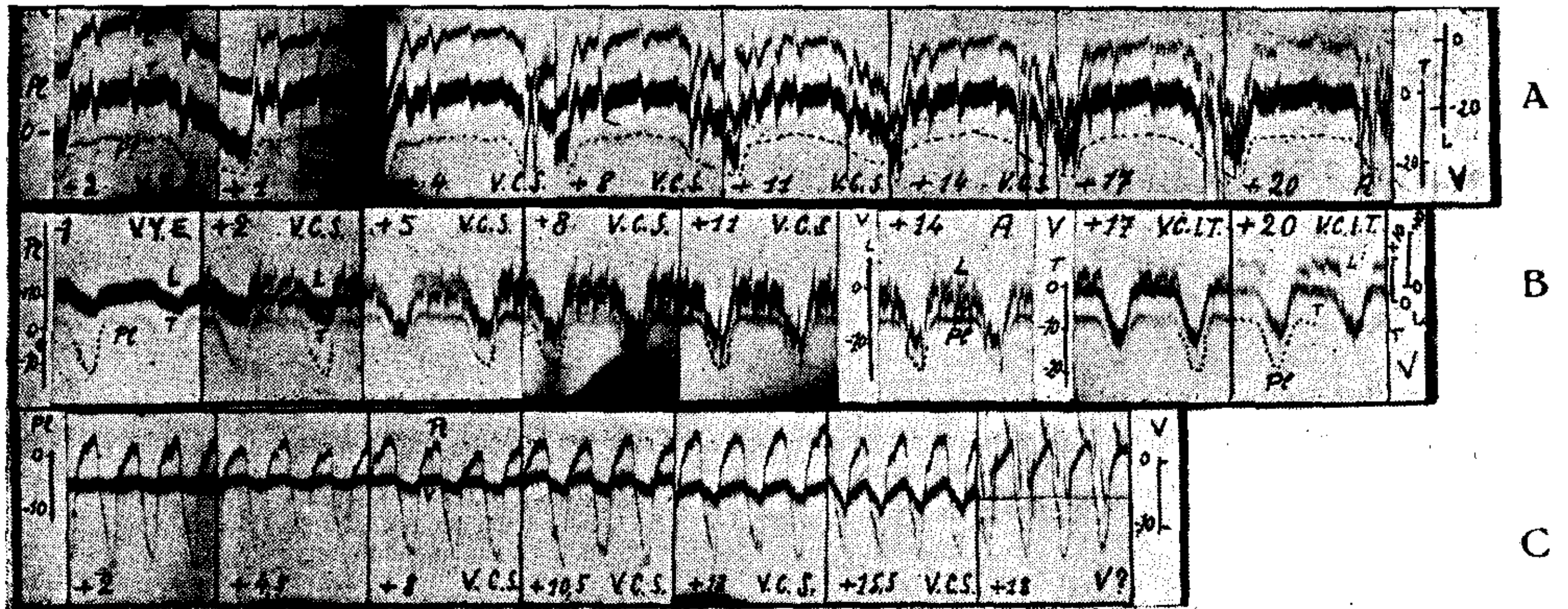


FIG. 2. — Experimentos en el perro en posición vertical, cabeza abajo. Los signos (— y +) indican la posición del extremo de la sonda venosa por debajo y por encima del límite cérico-torácico. La estandarización venosa aprecia sólo la presión que soportan los manómetros y no tiene en cuenta el desplazamiento de la sonda, de modo que para una valoración exacta de la presión en el extremo de la misma, es necesario sustraer en cada trozo considerado, el valor de la columna hidrostática instrumental que se extiende desde dicho extremo hasta el nivel de los espejos. (Descripción detallada en el texto).

La fig. 2-C muestra el caso probablemente límite en el cual la curva de P. venosa terminal se encuentra muy amortiguada. También en este caso la amortiguación decrece (aumento de la oscilación) al aproximarse a la aurícula, y se observa, como en los dos casos anteriores, un pequeño descenso progresivo del valor medio de la P. venosa hacia la A. D. En el último trozo, el aspecto de la curva venosa cambia bruscamente, instalándose grandes oscilaciones del trazado (probablemente por penetración de la cánula en el ventrículo).

En resumen (fig. 6-B): Cuando se explora el sistema venoso desde la V. Y. hasta la A. D. en un animal en posición vertical cabeza abajo por medio de una sonda rígida que se desplaza verticalmente hacia arriba se observa: 1) *El nivel medio de los trazados de P. venosa permanente constante e independiente de la posición de la sonda,*

Hemos visto anteriormente que esto significa que la sonda se desplaza en un medio hidrostático. 2) A pesar de ello existe un pequeño descenso de los trazados venosos a medida que la sonda se desplaza por dicha columna hidrostática lo que depende seguramente del valor decreciente de la *vis a tergo*. 3) En este mismo trayecto se observa que las deflexiones respiratorias y cardíacas se amortiguan hacia la periferia en relación con la creciente sección del

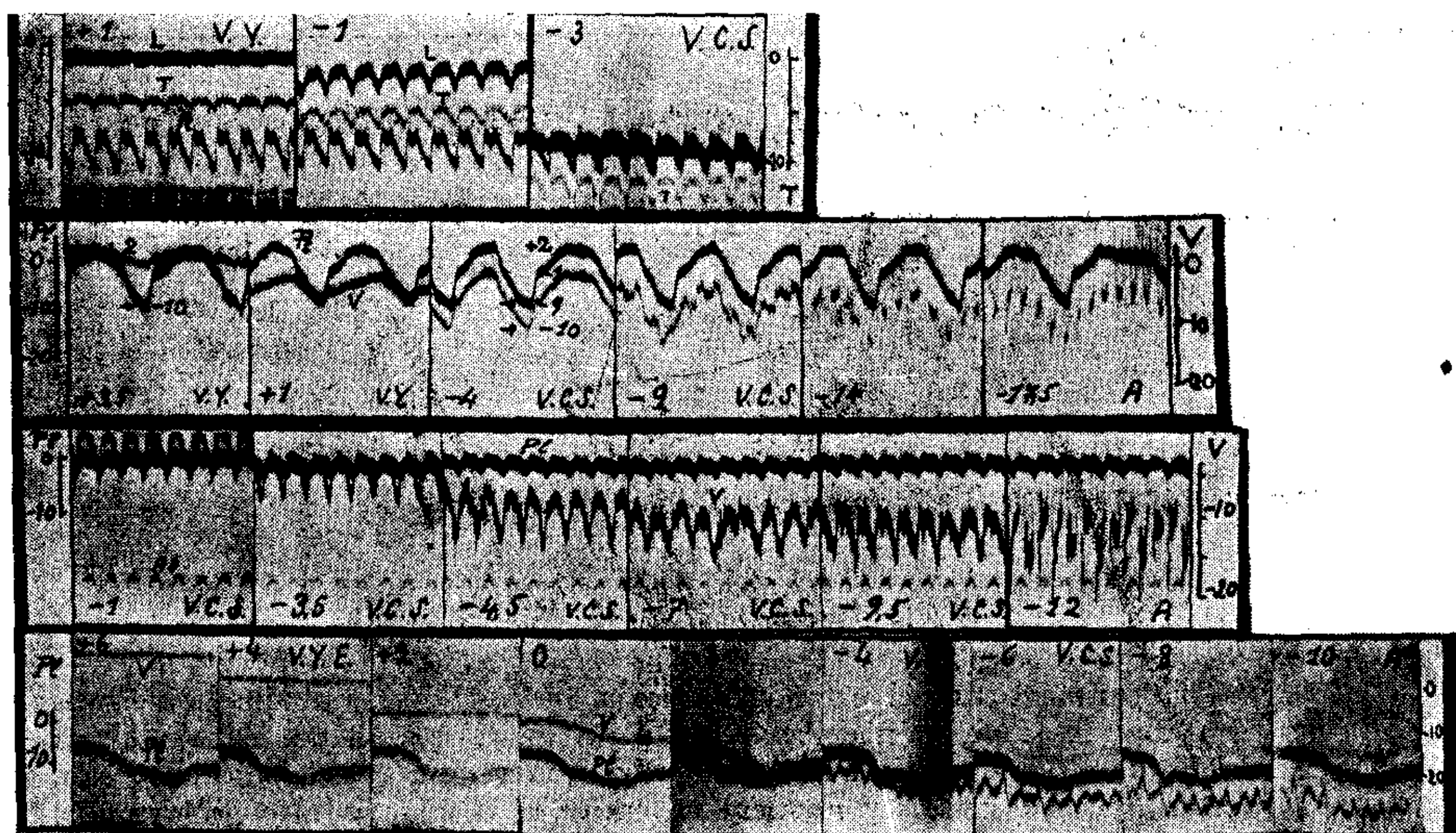


FIG. 3. — Experimentos en el perro en posición vertical, cabeza arriba. La estandarización venosa como en la fig. anterior. (Descripción detallada en el texto).

depósito venoso distendido. 4) No se observa ninguna variación brusca de la fisonomía de las curvas cuando el extremo de la sonda pasa de la porción cervical a la torácica del trayecto venoso ingurgitado. 5) A partir de cierto nivel (probablemente al penetrar en la A. D. o en la V. C. I. T.), un nuevo ascenso de la sonda se acompaña del correspondiente ascenso del trazado venoso lateral, mientras el terminal permanece constante. En ese cierto nivel, la estandarización permite afirmar que la P. venosa es igual en valor absoluto a la P. pleural (fig. 5-C).

III) Experimentos con el perro en posición vertical, cabeza arriba

En los trozos de esta serie, los signos (+ y —) corresponden a la posición del extremo de la sonda venosa por encima y por debajo de la horquilla esternal respectivamente.

La fig. 3-A corresponde a un experimento en que se inscribieron las presiones pleural y venosas (terminal y lateral); se observa la marcada amortiguación de las curvas venosas por fuera del tórax y un claro descenso de las mismas a medida que desciende el punto de toma.

Lo mismo ocurre en la fig. 3-B donde puede verse la evolución de la curva de P. venosa terminal a medida que el segmento estudiado se encuentra más bajo; se observa especialmente la marcada modificación de las deflexiones cardíacas. En el segmento (—14), llama la atención el bifasismo de las amplias contracciones auriculares en relación con el brusco cambio del sentido del movimiento de la sangre auricular, mientras en el último trozo este bifasismo se atenúa mucho, en razón de que la sonda ha llegado posiblemente al fondo de la aurícula.

Los mismos hechos se reproducen en la experiencia de la fig. 3-C.

En la fig. 3-D la sonda venosa ha hecho un largo recorrido en la V. Y.; se observa el descenso progresivo de la curva venosa lateral completamente amortiguada, hasta llegar al tórax, donde prosigue el descenso y donde se inscriben las variaciones respiratorias y cardíacas.

En los experimentos de las figs. 4-A y 4-B, a pesar de la igualdad de sensibilidad de los dos manómetros venosos, se observa una menor amplitud de las oscilaciones de origen cardíaco en las curvas de P. lateral, que en las de presión terminal. Aparece la misma amortiguación de las curvas obtenidas por encima del tórax y existe, aunque en forma limitada, el descenso global y la variabilidad de los elementos cardíacos de las curvas cuando baja el punto de toma. En la experiencia de la fig. 4-C llama la atención un hecho que se ha reproducido en varios experimentos y es la inversión respiratoria de la curva de P. venosa, por encima o en la proximidad del límite cérico-torácico, como si la sangre venosa sufriera a ese nivel un estancamiento producido por el acto inspiratorio.

La fig. 4-D corresponde a una experiencia muy instructiva (parcialmente malograda por un descenso artificial de la curva de P. pleural entre —8 y —10 y por una obstrucción de la cánula venosa lateral que afecta los trozos —8, —10, —12); la P. venosa desciende hasta —14 (probablemente A. D.) y a partir de allí, durante un recorrido probable por la V. C. I. T. (porción venosa relativamente larga en el perro), se conserva su nivel medio con un ligerísimo aumento y una evidente amortiguación.

La fig. 4-E corresponde a otro experimento típico en el cual se observan los fenómenos de descenso, inversión extratorácica y variabilidad de contorno a los distintos niveles; llama la atención que la inversión respiratoria persiste en la P. lateral (trozo O) cuando ha desaparecido en la P. terminal; se observa asimismo una gran variación de la distancia entre las dos curvas venosas (de muy próxima sensibilidad), con aumento inspiratorio y disminución espiratoria.

En resumen (fig. 6-C): Cuando se explora el sistema venoso desde la V. Y. hasta la A. D., en un animal en posición vertical, cabeza arriba por medio de una sonda rígida que se desplaza verticalmente hacia abajo se observa: 1) *El valor medio del trazado de P. venosa desciende aproximadamente en la medida en que desciende*

el extremo de la cánula, de modo que en realidad la P. únosa es constante y las cosas ocurren como si la sonda se desplazara en un medio gaseoso de presión homogénea.

La estandarización muestra que la presión de dicho medio y la de la cavidad pleural son muy próximas (fig. 5-D).

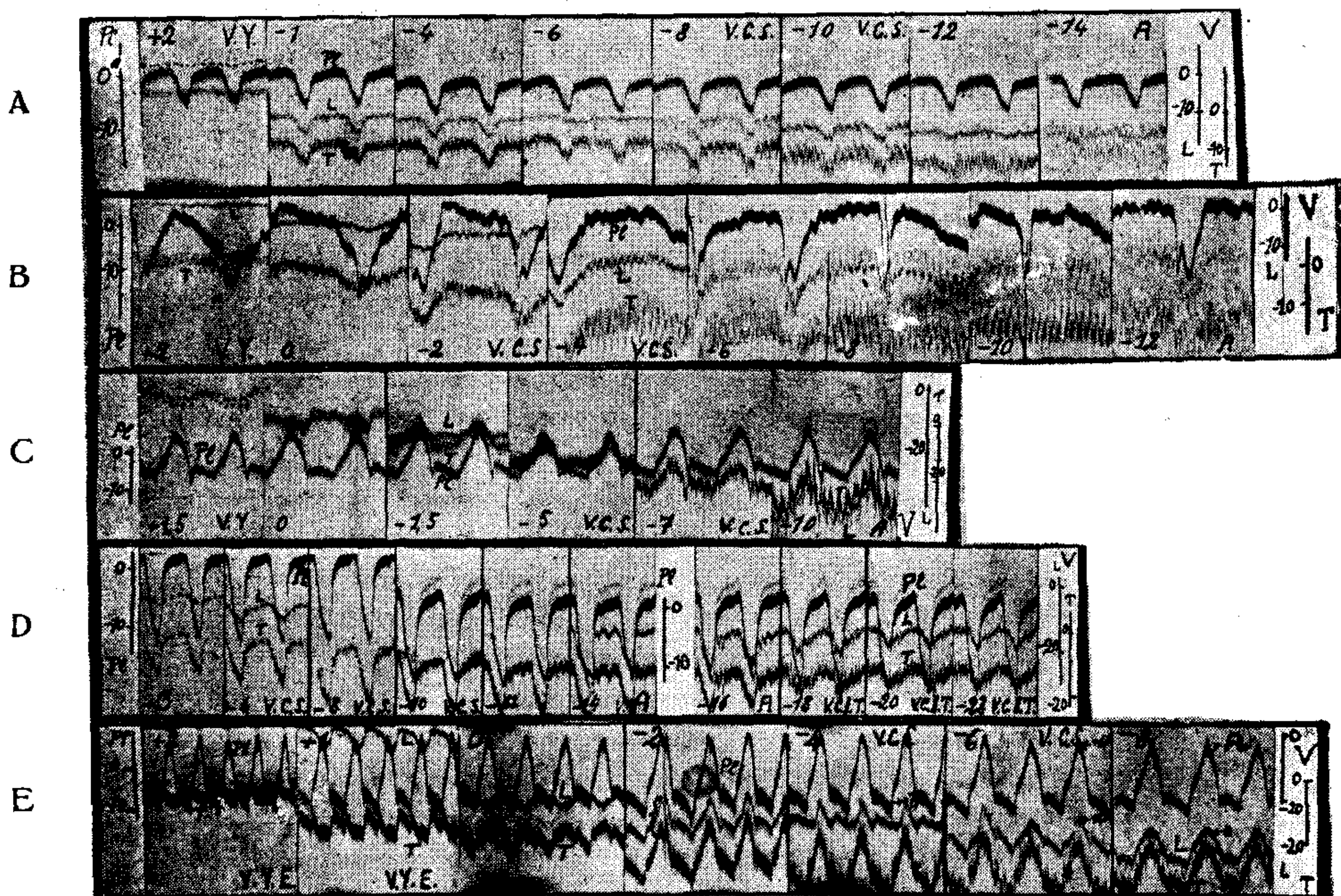


FIG. 4. — Experimentos en el perro en posición vertical cabeza arriba. Como en la figura anterior. (Descripción detallada en el texto).

2) Sobre la base de una línea paralela a la de la P. pleural, las deflexiones cardíacas varían de forma en cada nivel estudiado, lo que depende del valor en que las crestas de las ondas auriculares retrógradas, sobrepasan el nivel del extremo de la cánula. 3) La desaparición de las ondas respiratorias cuando la cánula se eleva fuera del tórax, está en relación con el estado de colapso venoso que impide la trasmisión de la aspiración del tórax a las venas del cuello. 4) La eventual inversión de la curva venosa yugular responde a cierto mecanismo de oclusión inspiratoria de las venas probablemente en la base del cuello.

5) Cuando el extremo de la cánula desciende por debajo de cierto nivel, penetrando probablemente en la V. C. I. T., la curva de P. venosa vuelve a hacerse prácticamente constante e independiente de su posición, como si se desplazara en un medio hidrostático.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Las condiciones estáticas y dinámicas en que se encuentran los troncos venosos del tórax han sido motivo de múltiples especulaciones teóricas y hasta parecería que la experimentación ha sido considerada innecesaria para estudiar problemas aparentemente tan simples; sin embargo, datos experimentales nos hacen pensar que los razonamientos seguidos no habían tenido en cuenta todos los factores a considerar.

P. ej. el fenómeno del colapso de las venas a su entrada en el tórax estudiado últimamente por Holt ^{4, 5, 6} para el sistema de la vena cava superior, y por nosotros ² para la vena cava inferior, impide que en condiciones normales, las variaciones de presión torácica ejerzan alguna influencia sobre el gasto de las venas extratorácicas, lo que se opone a las nociones más difundidas.

Mucho más concordante es el criterio aceptado sobre el estado de los troncos venosos y las cavidades cardíacas en el interior del tórax y sobre la influencia que en ellos ejerce la depresión torácica creada por la retractibilidad del pulmón; bastará para demostrarlo citar los siguientes párrafos de la fundamental obra de Tigerstedt ⁷ y de la moderna monografía de Franklin ⁸ donde se resume la vasta literatura sobre el tema.

Dice Tigerstedt (I-p. 218-219):

"Esta presión negativa que fué primero demostrada por Donders, tiene para el retorno de sangre al corazón, así como para el llenamiento del corazón en la diástole, una gran importancia.

"Por ella, en la posición estática del tórax, las venas intratorácicas y el mismo corazón se dilatan en cierto grado; esto no es en realidad, de ninguna especial significación para el ventrículo izquierdo cuya pared es muy gruesa; para el ventrículo derecho en cambio y aún más para la aurícula y las venas intratorácicas es sin embargo muy importante, porque facilita la entrada de la sangre."

... "En consecuencia y puesto que en la espiración los pulmones están poco dilatados y por consiguiente la presión necesaria para su estiramiento contra la pared del tórax es más débil, disminuye la presión negativa en la cavidad torá-

"cica y las venas intratorácicas y las aurículas son poco estiradas: el retorno venoso de la sangre en el tórax es dificultado."

"En la inspiración aumenta en cambio con la dilatación del pulmón la negatividad de la presión intratorácica en determinada relación con la profundidad de la inspiración y la magnitud de la dilatación del pulmón. Puesto que este aumento de la presión negativa se ejerce continuamente durante toda la inspiración, se deben también dilatar continuamente durante el movimiento de inspiración las venas intratorácicas y las aurículas, así como el ventrículo derecho, o con otras palabras, durante el movimiento inspiratorio ocurre una directa aspiración de la sangre de las venas al corazón."

"En una posición de inspiración mantenida son las venas intratorácicas más o menos fuertemente dilatadas, según la profundidad de la inspiración . . ."

"La manera habitual según la cual está colocado el pulmón en el tórax, establece pues, por ella misma, a causa de la dilatación de las venas intratorácicas que la acompañan un momento favorable para el retorno de la sangre. Otro momento aún más importante proviene de la directa aspiración durante el movimiento inspiratorio."

"No se debe imaginar, que lo que se ha ganado por la inspiración, no sea de alguna utilidad, porque el retorno venoso durante el movimiento espiratorio es nuevamente dificultado. Puesto que la posición de espiración debe considerarse como la posición natural del tórax, cualquier variación de la misma en el sentido de la inspiración, debe favorecer el reflujo y de hecho vale esto aún para el movimiento espiratorio, pues durante el mismo las venas intratorácicas son en todo caso más dilatadas que en la posición del final de la espiración."

Dice Franklin (p. 237-267) :

"Muchas de las otras observaciones de Haller (1756, 60, 63) han sido confirmadas por Franklin (1933) y por Franklin y Janker (1934, 36, 37). La vena cava inferior torácica en ciertas especies (perro, gato, conejo, etc.) pero no en el hombre tiene una estructura eminentemente apropiada para variaciones funcionales en longitud y los vasos, de hecho, sufren tales variaciones "in situ". Durante la inspiración profunda el aumento en longitud, tiende a asociarse con disminución en calibre y disminución en volumen, a pesar del aumento de tracción sobre el contenido mediastinal por los pulmones."

"En los trabajos de Carson (1820-22) y Barry (1826) son mencionados los puntos esenciales que necesitan consideración, a saber: el efecto continuo de la tracción pulmonar sobre el retorno venoso y los efectos intermitentes producidos por los movimientos respiratorios."

"Si la manera de ver de Rehfisch (1927-28) es la correcta, los únicos factores que tenemos que considerar son efectos mecánicos tales como los mencionados por Haller y los producidos por la tracción del pulmón."

"La tracción del pulmón es en la opinión de Pfuhl (1929), el factor más importante para el llenamiento de las aurículas y ventrículos; durante la contracción de las cavidades cardíacas parte de la energía gastada es usada en vencer la tracción elástica que es el natural dilatador del corazón. Si el corazón es

"débil la oposición a la tracción es menor y el órgano relativamente dilatado debe gastar más energía para expulsar la misma cantidad de sangre."

"Las aurículas no se contraen tan completamente *in situ*, como lo hacen en el corazón aislado, porque la tracción del pulmón ofrece demasiado grande oposición (Pfuhl, 1931)."

"Que la tracción es considerable, fué confirmado por Monitz, Carvalho y Lima (1931). Ellos pasaron una larga aguja dentro de la vena cava superior de un perro vivo y encontraron que no podían sacar sangre con una jeringa o aspirador eléctrico; hechos parecidos, fueron referidos en el hombre."

"El efecto de la inspiración sobre el sistema de la vena cava superior es facilitar el flujo venoso, sobre el de la vena cava inferior, como hemos visto, es muy variable. A partir de Haller, ha habido observadores, tales como Mosso (1884), Ledderhose (1906) y Fucks (1921), que han concluido que esos dos efectos son de signo opuesto, y que de esta manera el corazón derecho está protegido de excesivas variaciones en el retorno venoso."

"La abolición de la tracción pulmonar, aparte de las variaciones producidas en ella por movimientos respiratorios, no es incompatible con una circulación aparentemente eficiente y muchos (Poiseuille, Ledderhose, Wiggers, Franklin), han encontrado que el latido cardíaco continúa enérgico por un largo tiempo con la pared torácica suprimida en un lado y el abdomen también abierto. Bajo tales condiciones en el animal anestesiado y en posición supina la sola importante causa del retorno venoso es la *vis a tergo*."

Los párrafos transcritos están animados por las siguientes ideas directrices:

1) Los troncos venosos del tórax se encuentran distendidos por la aspiración creada por la retractorilidad del pulmón.

2) La misma aspiración se aplica a las aurículas y aún a los ventrículos en diástole, con la particularidad de que siendo estas cavidades dilatables cuando las venas ya están dilatadas, la aspiración torácica facilita el paso de sangre de las venas al corazón.

3) Los movimientos respiratorios modifican el estado de distensión, de aspiración y de capacidad de las cavidades cardíacas en diástole, y por ese intermedio modifican también la entrada de sangre al corazón y la salida del mismo.

Nuestras experiencias permiten afirmar que *ninguna de estas 3 proposiciones es verdadera* y además no es difícil, *a posteriori*, darnos cuenta que los razonamientos seguidos eran equivocados.

La discusión de estos problemas exige, en primer término, tener un concepto exacto de las relaciones entre la P. auricular y la P. pleural: *la sangre que llega a las aurículas se derrama en ellas como en un medio gaseoso*, pues se distienden en el ambiente pulmonar, sin opo-

ner prácticamente ninguna resistencia; sólo en un instante relativamente pequeño de cada ciclo cardíaco, durante la sístole auricular, las aurículas se transforman en recipientes de volumen definido, pero en ese instante está abierta una amplia comunicación con los ventrículos en diástole y todo el contenido auricular vuelve a ponerse en contacto con un ambiente que apenas difiere de la presión existente en el medio gaseoso del tórax.

De acuerdo con este razonamiento está el hecho siguiente: cualquiera que sea la posición del animal, siempre existe un cierto sector, próximo a la aurícula, para el cual la P. pleural y la línea de base de la P. venosa coinciden prácticamente, tanto en la forma como en el valor absoluto (fig. 5).

Cuando el animal se halla en posición horizontal (fig. 6-A) la sangre contenida en la V. C. S. y V. C. I. T. se vierte por amplias aberturas en ese medio auricular, y no es extraño entonces que a todo lo largo del sistema venoso explorado encontremos casi la misma P. pleural con sus variaciones respiratorias, donde se inscriben las de origen auricular transmitidas con toda fidelidad en toda su extensión; sólo puede observarse una ligerísima caída de presión desde la entrada de los troncos venosos al tórax, hasta su terminación en la A. D.

Otra noción fundamental a tener presente es que *la P. pleural y sus variaciones se transmiten por un lado, a la cara externa de las paredes venosas y por otro lado, a través de la pared flácida auricular, por intermedio del contenido sanguíneo auricular y venoso, a la cara interna de las mismas*; por consiguiente las paredes venosas se encuentran en un estado de equilibrio igualmente próximo al colapso o a la distensión e independiente de las variaciones de P. torácica.

A medida que por un movimiento apropiado, el animal es llevado a una posición vertical (fig. 6 B, C), el líquido que viene desde abajo dilata el segmento infraauricular que queda en las condiciones de una columna hidrostática que fluye lentamente hacia arriba (segundo grupo de experimentos).

El segmento supraauricular, por su parte, vierte su contenido en la aurícula quedando en situación de semicolapso, adaptándose a la forma y sección de la rápida corriente que cae hacia la aurícula por acción de la gravedad como si se tratara de un chorro o vena líquida libre. A lo largo de ella no existe, en efecto, P. lateral apreciable de naturaleza hidrostática ni hidrodinámica como lo muestra la cons-

tancia del valor de la P. lateral y su proximidad al valor de la presión del ambiente gaseoso que la rodea (tercer grupo de experimentos).

La semejanza con una vena líquida libre cesa sin embargo cuando se considera la P. terminal. En la vena líquida libre, el movi-

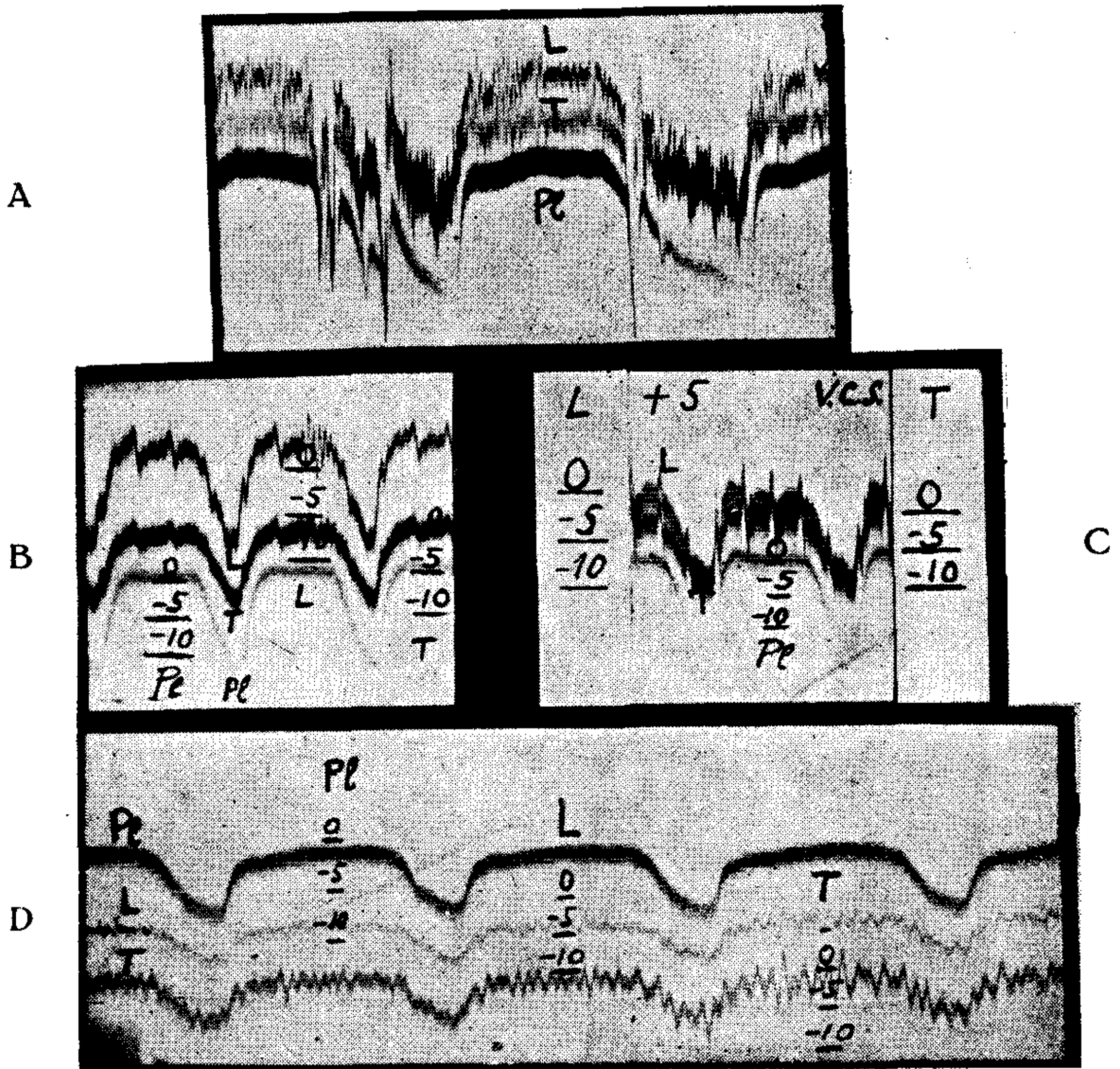


FIG. 5. — Valor absoluto de las curvas de presión pleural y venosa (en el extremo de la sonda). Ver: en A (animal horizontal) el perfecto paralelismo de las curvas de las presiones pleural y venosa (lateral y terminal); en B (animal horizontal) la proximidad de los valores absolutos de las tres curvas en un punto cualquiera de la V.C.S.; en C (animal vertical, cabeza abajo), la misma proximidad de valores en un punto situado inmediatamente por encima de la porción venosa distendida; en D (animal vertical, cabeza arriba) la misma proximidad de valores en un punto cualquiera de la V.C.S.

miento uniformemente acelerado de las moléculas que caen por acción de la gravedad, genera una P. terminal proporcional al cuadrado de la velocidad de dichas moléculas y que aumenta en la medida en que desciende el punto de toma. No hemos hallado una diferencia

consistente entre las presiones lateral y terminal, tanto cuando el orificio terminal de la sonda se orienta en el sentido de la corriente (tercera serie de experimentos) como cuando se opone al mismo (experimentos descritos en el apéndice).

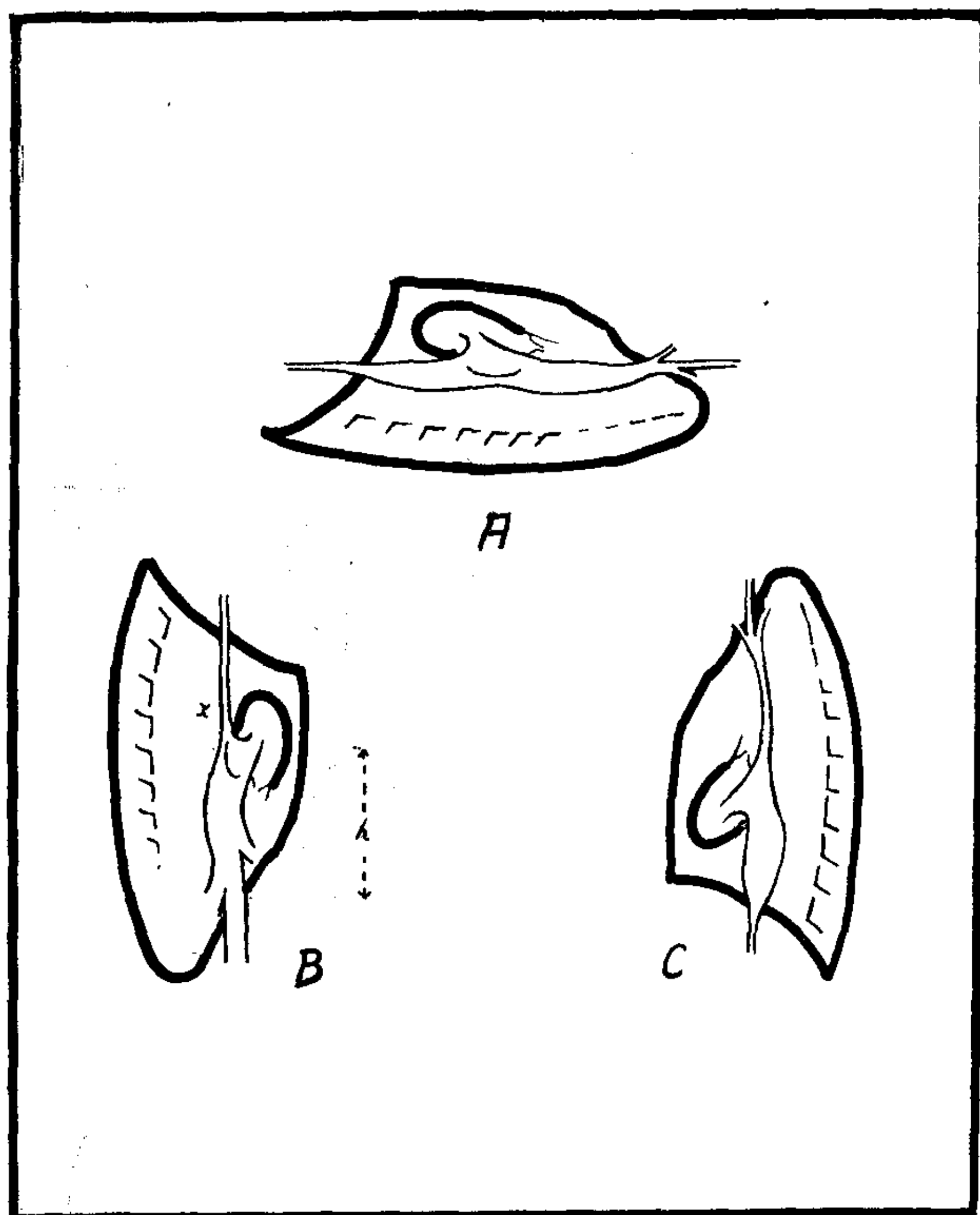


FIG. 6. — Esquema demostrativo del estado de las venas cavas torácicas según la posición del animal. En la posición horizontal están entreabiertas por el líquido que corre hacia el corazón derecho donde reina la presión pleural. En ambas posiciones verticales el segmento infraauricular está distendido por su contenido hidrostático mientras el supraauricular está colapsado. La *x* señala una zona probablemente en condiciones particulares no completamente aclaradas. La *h* señala la magnitud de la aspiración torácica capaz de producir el colapso de las venas del cuello a su entrada en el tórax en la posición vertical cabeza abajo.

Sin embargo, en una estrecha zona del trayecto líquido estudiado en el animal vertical cabeza abajo, por encima de la porción distendida (fig. 2-A: +20 y fig. 2-B: +17, +20), pudo observarse una diferencia sistemática en el comportamiento de las dos curvas venosas: mientras la de P. lateral se eleva con la elevación de la sonda (carácter de un medio gaseoso), la de P. terminal (orificio opuesto al sentido de la corriente) permanece invariable y amortigua las defie-

xiones respiratorias o cardíacas (carácter de un medio hidrostático). La reunión de las dos características corresponde a las de una verdadera vena líquida libre que se encuentra probablemente en la proximidad de la A. D. en un punto en que las paredes colapsadas se separan por la acción de la columna hidrostática del segmento inferior.

El estado de colapso o semicolapso de los troncos venosos que, como lo afirma Holt ^{4, 5, 6}, existe a la entrada del tórax, ocurre también en todo su recorrido torácico en el hombre y el animal en cualquiera de sus posiciones habituales. Parece mismo, que el estado de distensión venosa fuera ajena a las condiciones fisiológicas, ya que la V. C. I. T. que puede estar dilatada en el hombre en posición vertical es muy corta, y la dilatación de la V. C. S. supone una posición completamente artificial (vertical cabeza abajo o Trendelenburg). En el animal, en que existe un buen desarrollo de ambas cavas en el tórax, la posición horizontal del tronco es la más habitual y la V. C. S. está dotada de extraordinaria contractibilidad, según las observaciones de Haller y de Franklin y Janker ⁸.

Es este estado de colapso el que ha impedido a Monitz, Carvalho y Lima ⁹ extraer sangre de la V. C. S. con una aguja allí introducida, hecho completamente semejante al que ocurre en una vena periférica cualquiera en el mismo estado de colapso.

El viejo pleito (1723) entre Valsalva que había notado que la yugular externa del perro se colapsaba en la inspiración, y su discípulo Morgagni ¹⁰ que observó que el colapso ocurría en la fase espiratoria, podría ser resuelto con razón de ambas partes, dada la frecuente inversión de la curva respiratoria en la yugular externa que hemos observado, tanto en la posición horizontal, como en la posición vertical cabeza arriba; no estamos en condiciones de establecer con seguridad cuál es la causa de esta inversión.

La mayoría de nuestras gráficas muestran que durante la espiración, la P. pleural es igual o superior a la atmosférica y por consiguiente, que debe producirse un estancamiento sanguíneo en las venas extratorácicas en esa fase respiratoria. Este estancamiento es, con toda probabilidad, la causa real de la diferencia de gasto en las dos fases de la respiración demostrada por Burton-Opitz ¹¹ en la vena yugular externa del perro y atribuída erróneamente a las variaciones de aspiración del tórax sobre dichas venas.

En el perro vertical, cabeza abajo (fig. 6-B), puede suponerse

que la aspiración del tórax favorece la descarga de todo el sistema de la V. C. S. ingurgitado; hay que pensar sin embargo, que apenas la aspiración del tórax sobrepasa el valor de la columna hidrostática h para que se produzca el colapso de las venas en la entrada al tórax y cese toda ulterior influencia torácica sobre dicho sistema.

En la insuficiencia cardíaca del grado necesario para producir la dilatación centrífuga de las yugulares, la inspiración facilita el retorno venoso al tórax y el llenamiento del corazón derecho por aumento de la P. venosa efectiva; este caso es absolutamente similar al ya estudiado a propósito de la acción tóraco-abdominal sobre la V. C. I. ingurgitada ².

Las condiciones que rigen para las venas pulmonares son fundamentalmente idénticas a las que rigen para las venas cavas intratorácicas; también las V. pulmonares son colapsables y penetran en la cavidad pleural virtual provenientes del intersticio pulmonar, de mayor presión; también en ellas la aspiración torácica se ejerce igualmente sobre su cara externa (tendiendo a dilatarlas) y sobre su cara interna, a través de la pared flácida del corazón izquierdo y el medio sanguíneo (tendiendo a colapsarlas); el resultado es un estado de semicolapso venoso modificado por la acción física de su contenido líquido y no por la acción de la P. torácica y sus variaciones.

APÉNDICE

Estudio experimental sobre el comportamiento de los líquidos que caen verticalmente por el interior de tubos colapsables relativamente grandes (condición en que se encuentra la sangre de la vena yugular y la vena cava superior en el animal en posición vertical cabeza arriba).

La fig. 7 representa la disposición de un experimento y los resultados obtenidos.

La misma cánula E de doble pared empleada en el animal, totalmente llena de agua y en comunicación con los dos manómetros ópticos, es fijada en posición vertical, con el orificio terminal dirigido hacia arriba, en un dispositivo que permite desplazamientos verticales.

En las posiciones indicadas en la columna a fueron obtenidos los trazados a_0, a_1, a_3, a_4, a_5 a cuyo pie se indica la altura en que se encuentra el extremo de la cánula por debajo del plano "O". Las curvas L (lateral) y T (terminal) corresponden a la acción que ejerce la columna hidrostática del propio instrumento sobre las membranas manométricas.

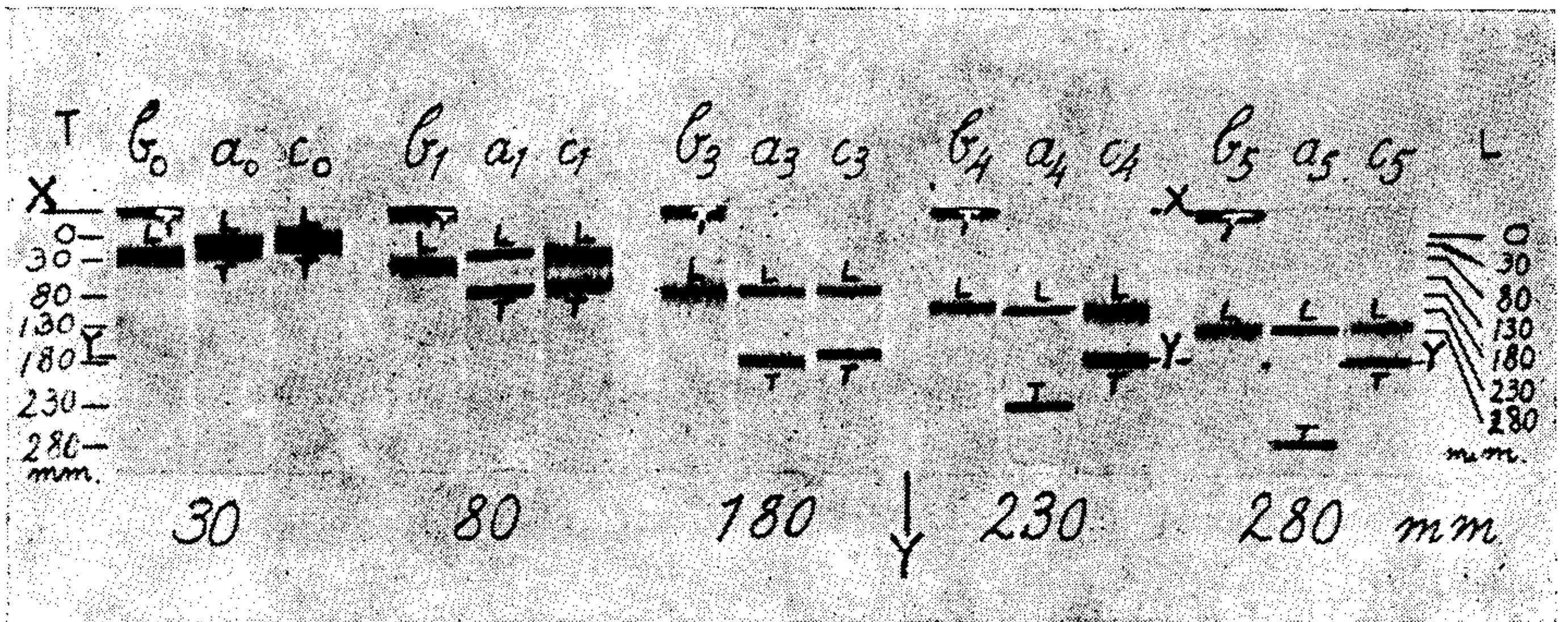
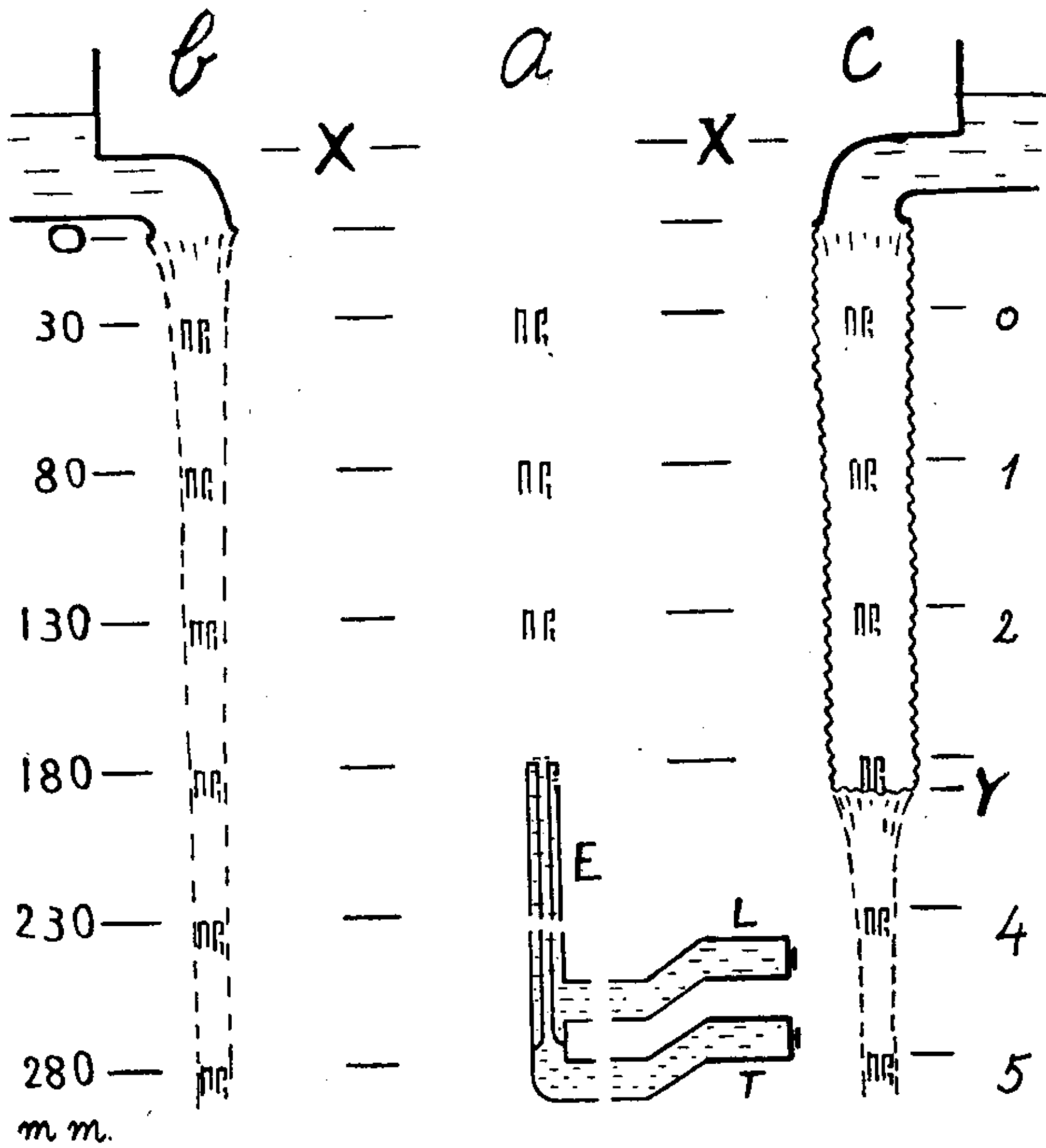


FIG. 7. — Modelo experimental. Disposición del experimento (arriba) y resultados obtenidos (abajo). (Ver el texto).

Los trazados b_0 , b_1 , b_3 , b_4 y b_5 (columna b) fueron obtenidos en las mismas posiciones de la serie anterior respectivamente, mientras el orificio terminal de la cánula sufre el impacto del chorro de agua que cae verticalmente desde un depósito de nivel constante.

Puede observarse que mientras la curva de P. lateral se desplaza en la misma forma que en la serie anterior, la curva de P. terminal es prácticamente constante. Estos resultados se deben a que las moléculas que caen paralelamente al orificio lateral, no modifican la presión correspondiente que depende sólo de la altura de dicho orificio sobre el nivel de los espejos. En cambio las que caen normalmente sobre el orificio terminal generan allí una presión (proporcionada al cuadrado de su velocidad), cuyo valor aumenta en el mismo grado en que desciende el extremo de la cánula y por consiguiente en el grado en que se reduce la presión hidrostática del instrumento (aplicación del principio de Bernouilli). El nivel X de la curva de P. terminal determina la posición del nivel virtual X-X de velocidad nula inicial del líquido que cae.

Los trazados c_0 , c_1 , c_3 , c_4 , c_5 (columna c) corresponden a las mismas posiciones respectivas de la cánula, sometida ahora a la acción de un chorro de agua que cae por un tubo colapsable colocando a continuación del orificio de salida del frasco de nivel constante, siempre en la misma posición.

Las curvas de P. lateral no están modificadas con relación a las obtenidas en las dos series anteriores por las mismas razones expuestas al ocuparnos de la última; en cuanto a las curvas de P. terminal puede observarse: 1) en los trazados c_0 , c_1 y c_3 en que el extremo de la cánula se encuentra en el interior del tubo colapsable, la P. terminal es igual a la de la serie a, es decir que el líquido que cae no desarrolla ninguna P. terminal (contrariamente a lo que ocurre en la serie b). 2) en los trazados c_4 y c_5 en que el extremo de la cánula se encuentra por debajo del extremo inferior del tubo colapsable, la P. terminal vuelve a hacerse constante y está determinada por un chorro líquido libre cuyo nivel de velocidad nula inicial Y es muy próximo al extremo inferior del tubo colapsable.

Se deduce de estos experimentos que el líquido que cae a lo largo de un tubo colapsable no ejerce ninguna presión lateral ni terminal apreciable y su velocidad es pequeña y probablemente constante a lo largo del tubo.

En relación con la continua pérdida del incremento de velocidad debido a la gravedad, se observa un estiramiento longitudinal del tubo colapsable.

SUMARIO Y CONCLUSIONES

En el perro en posición horizontal, las presiones pleural y venosa intratorácica, registradas ópticamente, son prácticamente iguales a lo largo de la aurícula derecha y ambas venas cavas torácicas (abstracción hecha de las rápidas deflexiones cardíacas).

En la posición vertical la igualdad persiste en el segmento supraauricular, mientras que en el infraauricular la presión venosa crece regularmente hacia abajo.

Se deduce que, normalmente, los gruesos troncos venosos del tórax se hallan colapsados por encima del nivel auricular y distendidos (por la sola acción hidrostática), por debajo del mismo; esto hace imposibles varios conceptos generalmente admitidos.

En un modelo experimental se estudia el comportamiento de los líquidos que caen por tubos colapsables.

BIBLIOGRAFIA

1. Duomarco J., Rimini R. y Recarte P. — La presión intraabdominal y la presión en la vena cava inferior. "Rev. Arg. de Cardiol.", 1944, 11, 273.
2. Duomarco J., Recarte P. y Rimini R. — Influencia de las presiones abdominal y torácica sobre el retorno venoso de la cava inferior. "Rev. Arg. de Cardiol.", 1944, 11, 286.
3. Duomarco J., Recarte P. y Rimini R. — La presión intraabdominal y la regulación del retorno venoso. "Rev. Arg. de Cardiol.", 1945, 11, 359.
4. Holt J. P. — The collapse factor in the measurement of venous pressure. The flow of fluid through collapsable tubes. "Am. J. of Physiol.", 1941, 134, 292.
5. Holt J. P. — The effect of positive and negative intrathoracic pressure on peripheral venous pressure in man. "Am. J. of Physiol.", 1943, 139, 208.
6. Holt J. P. — The effect of positive and negative intrathoracic pressure on cardiac out put and venous pressure in the dog. "Am. J. of Physiol.", 1944, 142, 594.
7. Tigerstedt R. — "Die Physiologie des Kreislaufes", 2ª Ed., vol. IV, Berlin-Leipzig, 1923.
8. Franklin K. J. — "A monograph on veins", Springfield-Baltimore, 1943.
9. Monitz E., Carvalho L. y Lima A. — Le sondage des veines et la pression dans les troncs veineuses de l'homme. "C. R. S.", 1931, 107, 1175.
10. Morgagni J. B. — "Epístola anatómico-médica XIX" (1761). Loc. cit. Franklin.
11. Burton-Opitz R. I. — The flow of the blood in the external yugular vein. "Am. J. of Physiol.", 1902, 7, 435.

RESUME ET CONCLUSIONS

Dans le chien en position horizontale, les pressions pleurales et veineuses intratoracique, régistrés optiquement sont presque pareilles au long de l'auricule droite et des deux veines caves toraciques (sans compter les déflexions cardiaques rapides).

Dans la position verticale l'égalité persiste dans le segment supraauriculaire tandis que dans l'infraauriculaire la pression veineuse croit régulièrement vers en-bas.

On déduit que normalement, les gros troncs veineux du thorax se trouvent collapsés au dessus du niveau auriculaire et distendus (par la seule action hidrosta-

tique) au dessous du même; ceci fait impossible d'admettre l'existence de certains concepts généralement cités.

Dans un modèle expérimental on étudie la conduite des liquides qui tombent par des tubes collapsables.

SUMMARY

Pleural and intrathoracic venous pressures, registered by optical methods are practically the same in the right auricle and along both thoracic cava veins in the dog in horizontal position (leaving aside the quick cardiac deflections).

In vertical position the equality persists in the supra auricular segment while in the infra auricular segment the venous pressure increases regularly downwards.

It follows that the great thoracic venous vessels are normally collapsed over the auricular level and distended (by the sole hydrostatic action) beneath; several concepts having general acceptance are thus rendered void.

The behavior of liquids falling along collapsable tubes is studied in an experimental model.

ZUSAMMENFASSUNG

Beim Hund in wagerechter Lage sind der pleurale und der venöse intrathorakale Druck, optisch registriert, praktisch genommen, gleich im Verlauf des rechten Vorhofs und beiden venae cavae im Thorax (mit Ausnahme der schnellen Schwankungen).

In senkrechter Lage bleibt diese Gleichheit beim supraaurikulären Segment bestehend, während der Druck im infraaurikulären gleichmassig nach unten zunimmt. Man folgt daraus, dass normalerweise die dicken venösen thorakalen Stämme überhalb des Vorhofsniveau kollabiert, und unterhalb desselben erweitert sind (hydrostatische Wirkung); allgemein eingenommene Auffassungen werden dadurch zunichte gemacht. Vermittels eines Modells studierte man wie sich die Flüssigkeiten die durch kollabierende Tuben fallen, aufführen.