

TRABAJOS ORIGINALES

SOBRE EL ESTADO DE DISTENSION O COLAPSO DE LAS VENAS CAVAS. ESTUDIO RADIOLOGICO *

por los doctores

J. DUOMARCO, R. RIMINI y F. N. PREDARI

Tomamos de Franklin¹ los siguientes párrafos: "Llevaría algún tiempo en ser establecido, y es quizá una cuestión de interés puramente académico, quien fué el primero que reconoció la importancia de la gravedad después del descubrimiento de la circulación por Harvey. De todas maneras, difícilmente pudo haber sido expuesto con más claridad que por Richard Lower en 1679, puesto que poco de importancia fué agregado a su relato por centuria y media".

"En las pp. 133-137 de su "Tractatus de Corde", escribió: "Es un hecho indiscutible que el retorno de la sangre venosa es el resultado del impulso dado a la sangre arterial y no de alguna atracción por el corazón. Por consiguiente es fácil imaginar cuánto ayuda la posición de los órganos para facilitar o retardar este movimiento. En el hombre parado la sangre de las venas yugulares y de la vena cava descendente [superior], cae en las cavidades cardíacas relativamente rápida y fácilmente por su propio peso (tal como las venas de las manos que se vacían rápidamente cuando éstas se levantan mientras se dilatan y llenan cuando cuelgan). Pero la sangre que está en las partes bajas y en la vena cava ascendente [inferior] es sólo dirigida y trabajosamente elevada hacia el corazón por la sangre arterial, y esto con mayor dificultad y contra su propia inclinación; en el cuerpo recostado en un plano horizontal, sin embargo, la sangre regresa con igual facilidad de ambas extremidades..."

"Cuando los pacientes vuelven al lecho [refiriéndose a las dilataciones varicosas de los miembros inferiores] esas venas inmediatamente se vacían a causa del fácil retorno de sangre al corazón."

Una confirmación de estas ideas puede fácilmente obtenerse por la observación de las venas cavas torácicas en el perro con el tórax abierto y sometido a respiración artificial. En el hombre pudimos concordantemente, en el curso de una pleuroscopía derecha, hacer las siguientes observaciones: mientras el paciente guadaba la posición horizontal, la vena cava superior (V.C.S.) se hallaba llena y

(*) Trabajo del Instituto de Medicina Experimental de Montevideo (Uruguay). Director: Prof. Héctor J. Rossello.

mostraba amplios latidos de origen auricular cuando el tronco se inclinaba hacia la vertical cabeza arriba, la V.C.S. se colapsaba mientras sus paredes flameaban por las ondas cardíacas retrógradas que tendían a agotarse en dirección cefálica; cuando el tronco del paciente se inclinaba a la posición oblicua con la cabeza declive, la V.C.S. se ingurgitaba.

Los trabajos de Carson (1820-22) y de Donders (1853), demostraron que el pulmón, adaptado a una capacidad mayor que su volumen de reposo, producía una presión subatmosférica en la cavidad pleural y desde entonces quedaron firmemente establecidos, por vía deductiva, y por numerosos autores, una serie de conceptos que pueden ser resumidos, sin riesgo de esquematismo, en los siguientes enunciados (*):

1) La hipopresión del tórax transmitida a sus troncos venosos facilita la llegada de la sangre venosa periférica.

2) Los troncos venosos del tórax se encuentran distendidos por la aspiración debida a la retractilidad del pulmón.

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

4) Los movimientos respiratorios modifican rítmicamente el estado de distensión, de aspiración y de capacidad de las cavidades cardíacas en diástole, y por ese intermedio (y por el juego de las válvulas venosas y cardíacas), facilitan la entrada de sangre al corazón y la salida del mismo.

Estas proposiciones rigen, en realidad, para circunstancias completamente anormales de dilatación venosa de origen central (detención experimental del corazón, síncope cardíaco, gran insuficiencia ventricular derecha); *en condiciones normales, por el contrario, no se cumplen en absoluto*, como ha sido expuesto en varias publicaciones anteriores, sobre la base de los hechos siguientes:

Holt^{3, 4} demostró que la hipopresión del tórax no puede aspirar el contenido de las venas extratorácicas afluentes de la V.C.S., lo que atribuyó a un colapso venoso situado en el límite cérico-torácico.

Duomarco, Rimini y Recarte^{5, 6, 7} demostraron que lo mismo puede decirse de la aspiración torácica con respecto a la vena cava

(*) La numerosa bibliografía sobre este tema, tomada principalmente de Tigerstedt² y de Franklkin¹ ha sido resumida en un artículo anterior⁸.

inferior (V.C.I.). Los mismos autores⁸ demostraron que las venas cavas del tórax se hallan en estado de distensión, de semicolapso, o de colapso completo, por efecto exclusivo de su contenido líquido, según su posición con relación al corazón, dependiente, a su vez, de la posición del cuerpo, y sin que intervenga en ese estado la aspiración del tórax.

En esta oportunidad nos hemos propuesto, por medio de la flebografía contrastada, hacer el estudio de la forma y el volumen de las dos venas cavas, de lo cual se deduce, teniendo en cuenta la delgadez de sus paredes, su estado de distensión o colapso.

En muchos aspctos, este artículo complementa el último citado⁸, que es objeto de múltiples referencias y donde se estudiaron los mismos problemas desde el punto de vista manométrico.

MATERIAL Y TÉCNICA

En una serie de perros, previamente anestesiados y fijados a una gotera, se descubrió una rama afluyente de la yugular externa en el cuello y la vena safena en una pata trasera; se colocó en cada una de estas venas una pequeña cánula para ser conectada alternativamente con un dispositivo de infusión continua, gota a gota rápido, de solución de contraste; esta solución (yoduro de sodio al 40 %) se dejaba penetrar un cierto tiempo hasta el momento en que se obtenía una radiografía rápida enfocando la zona correspondiente a la vena contrastada.

Se obtuvieron radiografías de la V. C. S. y de la V. C. I. en las posiciones vertical cabeza arriba y vertical cabeza abajo; obtuvimos también radiografías con el perro en posición horizontal, antes y después del paro cardíaco producido por excitación del vago.

RESULTADOS DE LAS EXPERIENCIAS

Las Rg. I y II (fig. 1), muestran dos incidencias (frontal y lateral, respectivamente), obtenidas con el perro en posición vertical cabeza arriba. Permiten ver cómo la sangre opacificada por el yoduro de sodio se desliza por la luz de la vena yugular externa, el tronco común y la V.C.S. completamente colapsadas. Pueden verse algunos pequeños "stops" a lo largo de la vena yugular debidos a compresiones externas.

La Rg. III (fig. 1), corresponde al mismo perro vertical cabeza abajo. El sistema de la V.C.S. se encuentra distendido por su contenido sanguíneo. Puede observarse que a partir de la confluencia de los dos troncos braqueocefálicos, el contraste es menor; la sangre opa-

cificada de uno de ellos se aclara notablemente al mezclarse con la del lado opuesto y parece marginar las paredes de la V.C.S., cuyos bordes se hallan reforzados por la mayor opacidad de las paredes venosas atravesadas tangencialmente con relación a las atravesadas normalmente.

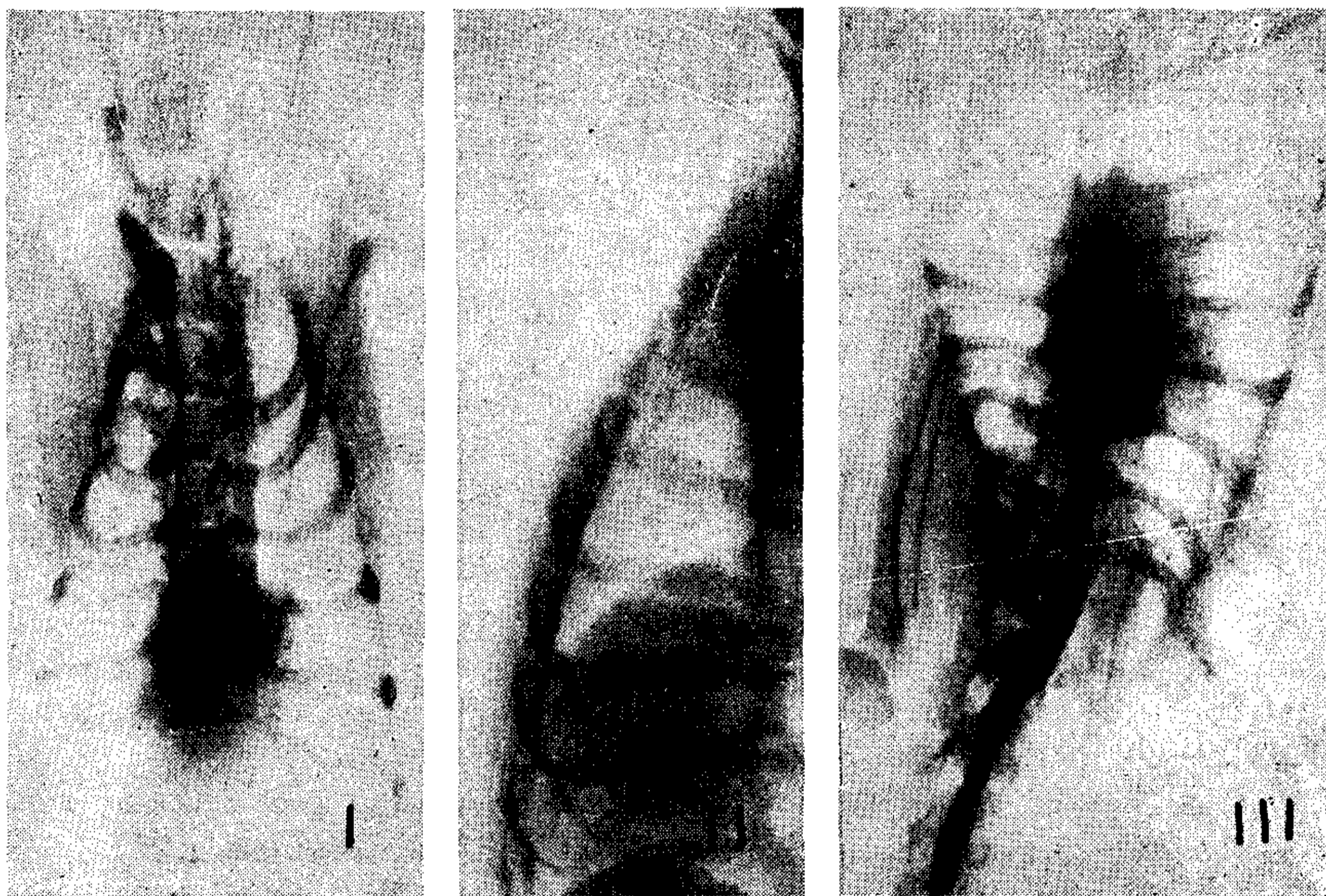


FIG. 1. — Visualización de la V. C. S. en el perro. Inyección gota a gota rápido de yoduro de sodio al 40 % en una vena afluyente de una yugular externa. I: En lateral). III: En posición vertical cabeza abajo (placa frontal). Explicación de posición vertical cabeza arriba (placa frontal). II: En la misma posición (placa tallada en el texto).

Las Rg. IV y V (fig. 2), muestran dos incidencias (frontal y lateral respectivamente), de un perro en posición vertical cabeza arriba; la porción torácica de la V.C.I. (V.C.I.T.), se halla dilatada por la acción hidrostática de su contenido; se observa especialmente en la Rg. lateral el refuerzo de los bordes antes mencionado.

Las Rg. VI y VII (fig. 3), muestran dos incidencias (frontal y lateral respectivamente), del perro en posición vertical cabeza abajo. La V.C.I.T. se halla aparentemente distendido, lo cual es contrario a lo esperado, dada su situación por encima de la aurícula.

Las Rg. VIII y IX (fig. 4), fueron obtenidas con el perro en decúbito dorsal, la primera antes y la segunda después de la deten-

ción cardíaca por excitación del neumogástrico. La V.C.I.T. (que se proyecta en buena parte sobre la sombra abdominal limitada por el diafragma), aparece en ambos casos con la misma forma, pero mucho más teñida en el segundo por efecto del aumento de la concentración del yoduro de sodio debido a la reducción del gasto sanguíneo.

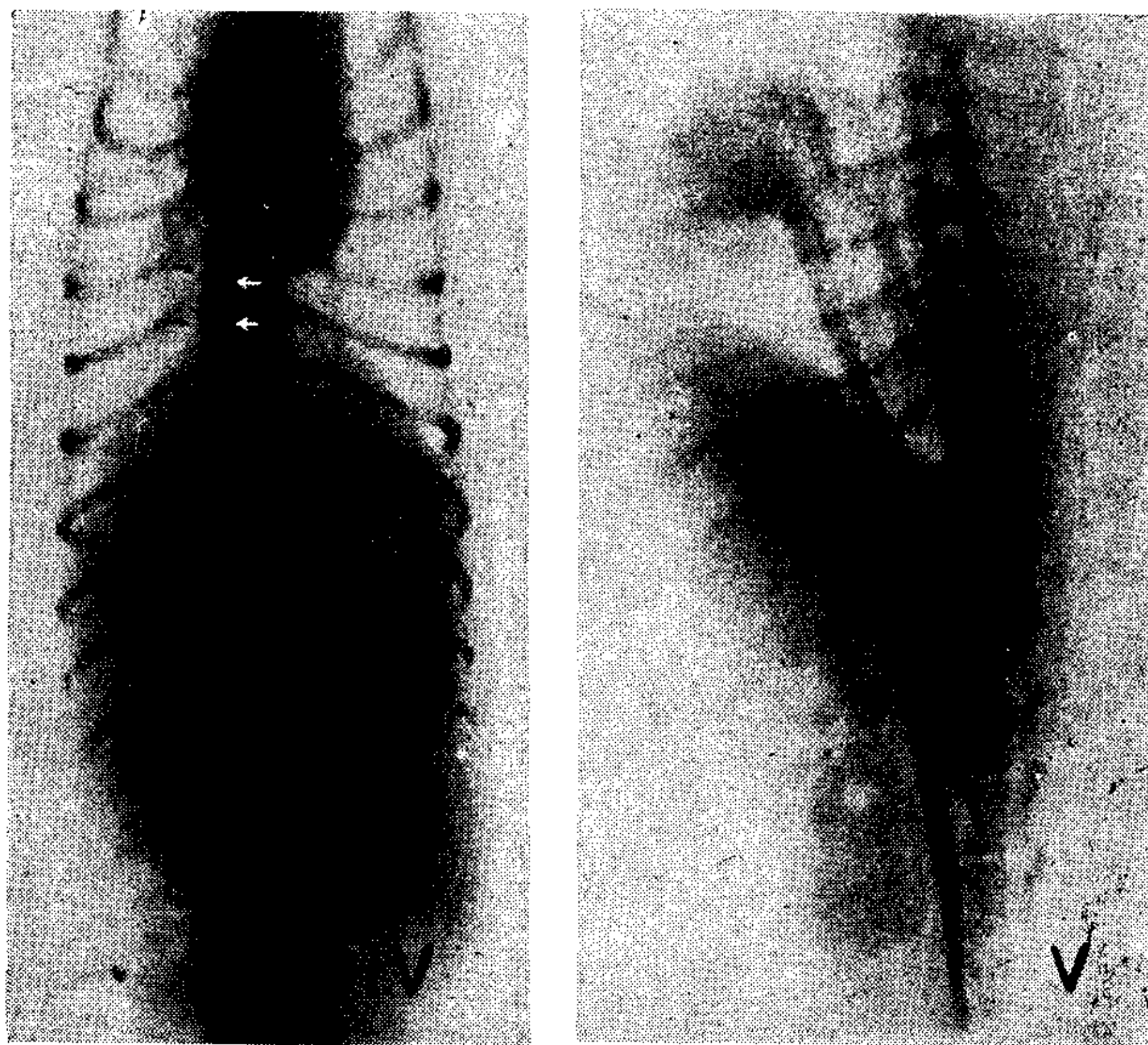


FIG. 2. — Visualización de la V. C. I. La solución de yoduro de sodio se inyecta en la vena safena de una pata trasera. IV: En posición vertical cabeza arriba (placa frontal). V: En la misma posición (placa lateral) . Explicación detallada en el texto.

La V.C.I. abdominal (V.C.I.A.), aparece en todas las radiografías relativamente delgada y como acintada; no varía sensiblemente de tamaño cuando el animal cambia de posición o cuando se produce el paro cardíaco y contrasta con la sección relativamente grande que alcanza la porción torácica de la misma vena.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

De lo expuesto se deduce una fundamental coincidencia entre los resultados obtenidos con el método radiológico y el método manométrico empleado anteriormente ⁸.

En ningún momento hemos visto en la forma de los troncos venosos del tórax, algún elemento vinculable al hecho que dichos troncos se encuentren en un ambiente de presión subatmosférica. En particular es de toda evidencia que la V.C.S. no está distendido por la hipópresión torácica, sino colapsada o distendida, según su posición, y por efecto exclusivo de su contenido líquido.

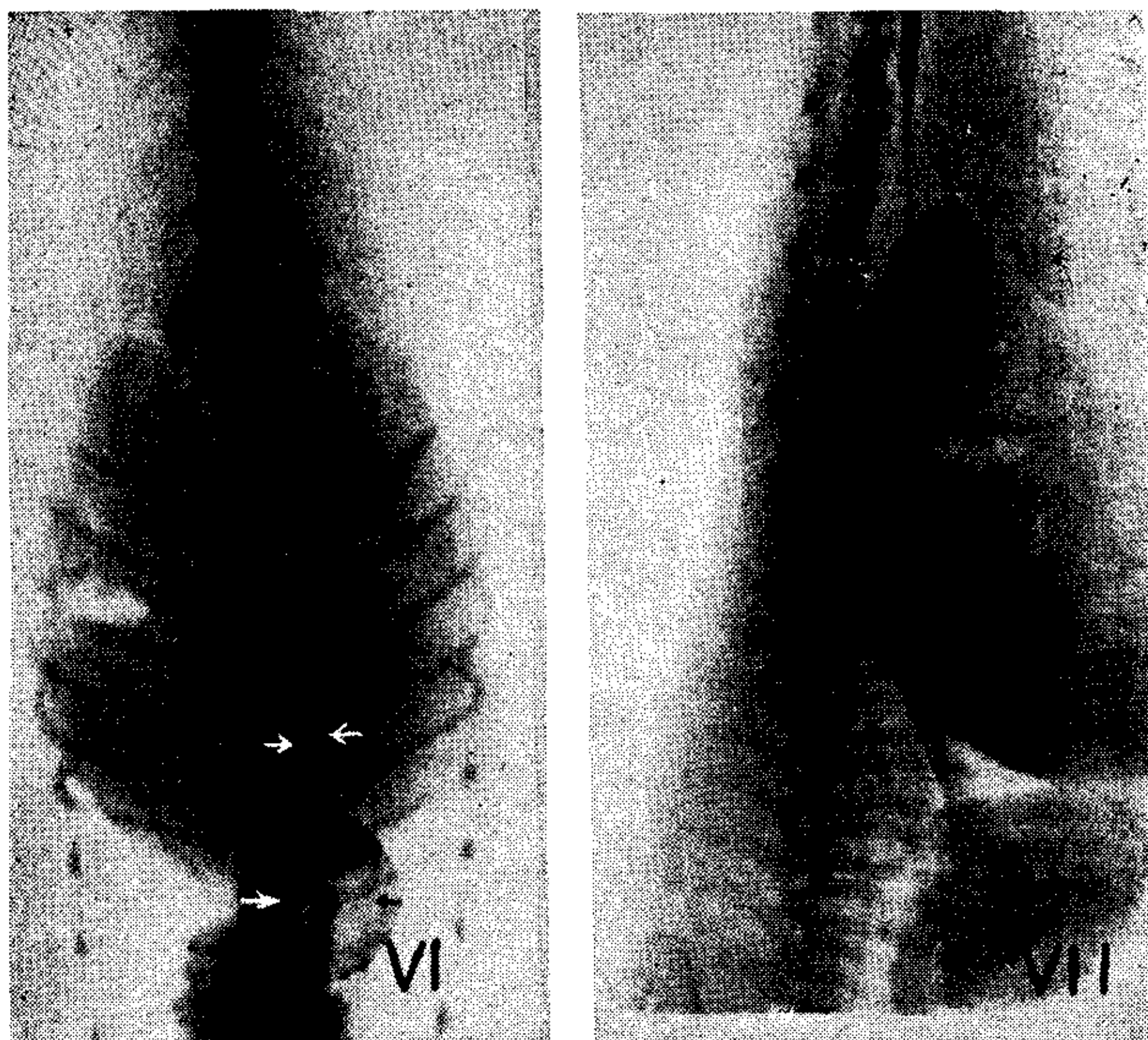


FIG. 3. — Visualización de la V. C. I. La misma técnica de la figura anterior. VI: En posición vertical cabeza abajo (placa frontal). VII: En la misma posición (placa lateral). Explicación detallada en el texto.

En la posición vertical cabeza arriba, la V.C.S. así como sus troncos de origen y las yugulares, se hallan colapsadas contra la corriente líquida que cae verticalmente por su interior.

Ese estado de colapso es la demostración de que entre el contenido líquido y el ambiente que lo rodea, no hay diferencia tensional, trátase de la presión atmosférica para el caso de las yugulares, o de la presión negativa pleural para las venas intratorácicas.

En el perro vertical cabeza abajo la V.C.S. y sus troncos de origen se hallan distendidos por la acción hidrostática de su contenido que se vacía por rebosamiento en la aurícula derecha. Lo mismo ocurre con la V.C.I.T. cuando el perro se halla en posición vertical cabeza arriba.

No es claro lo que pasa con esta misma V.C.I.T. cuando el animal está en posición vertical cabeza abajo, ya que la vena se halla distendida y no colapsada, como podía esperarse en virtud de lo referido respecto a la V.C.S. Mientras no disponemos de una explicación definitiva, este comportamiento anómalo de la V.C.I. merece las siguientes consideraciones:

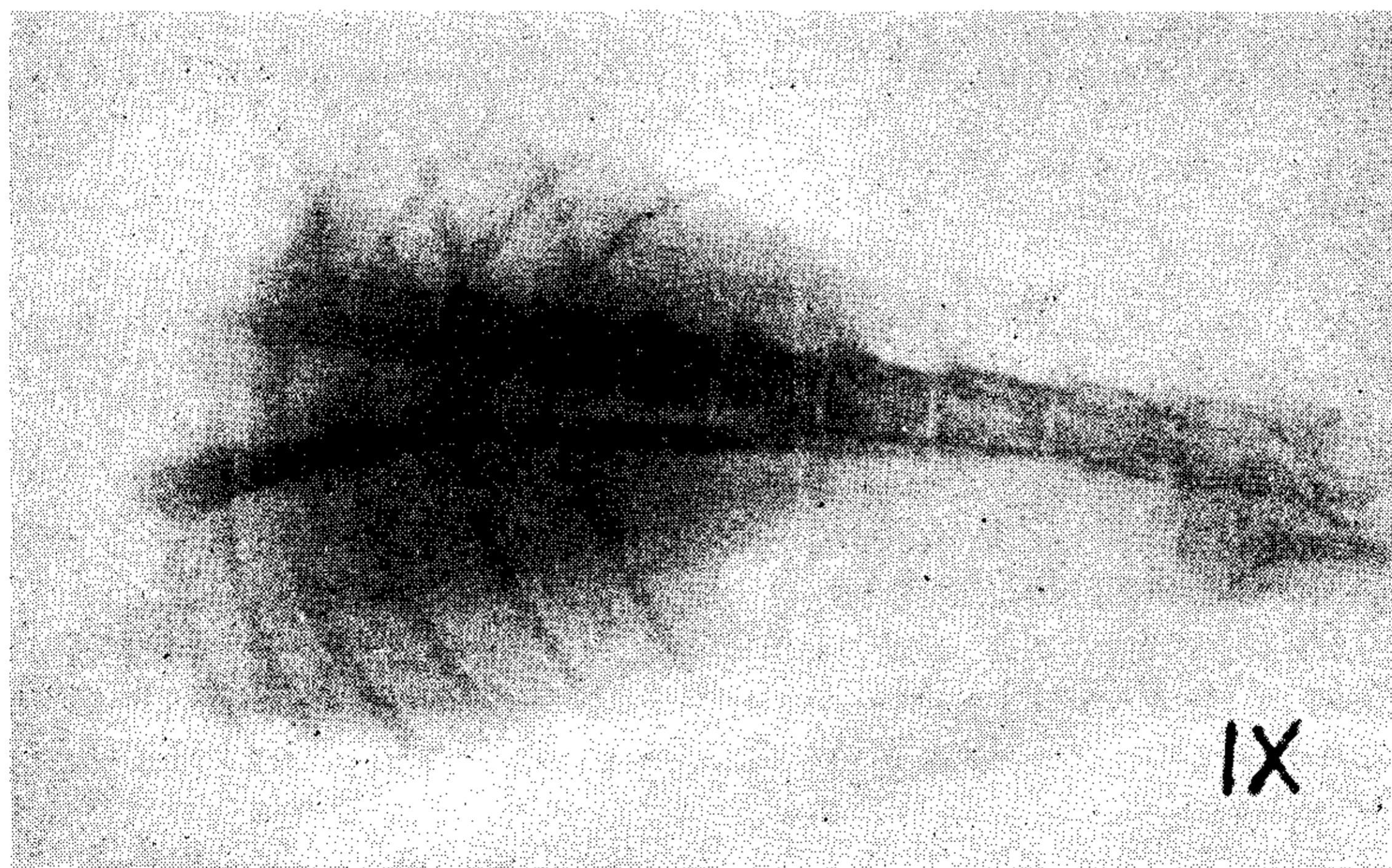
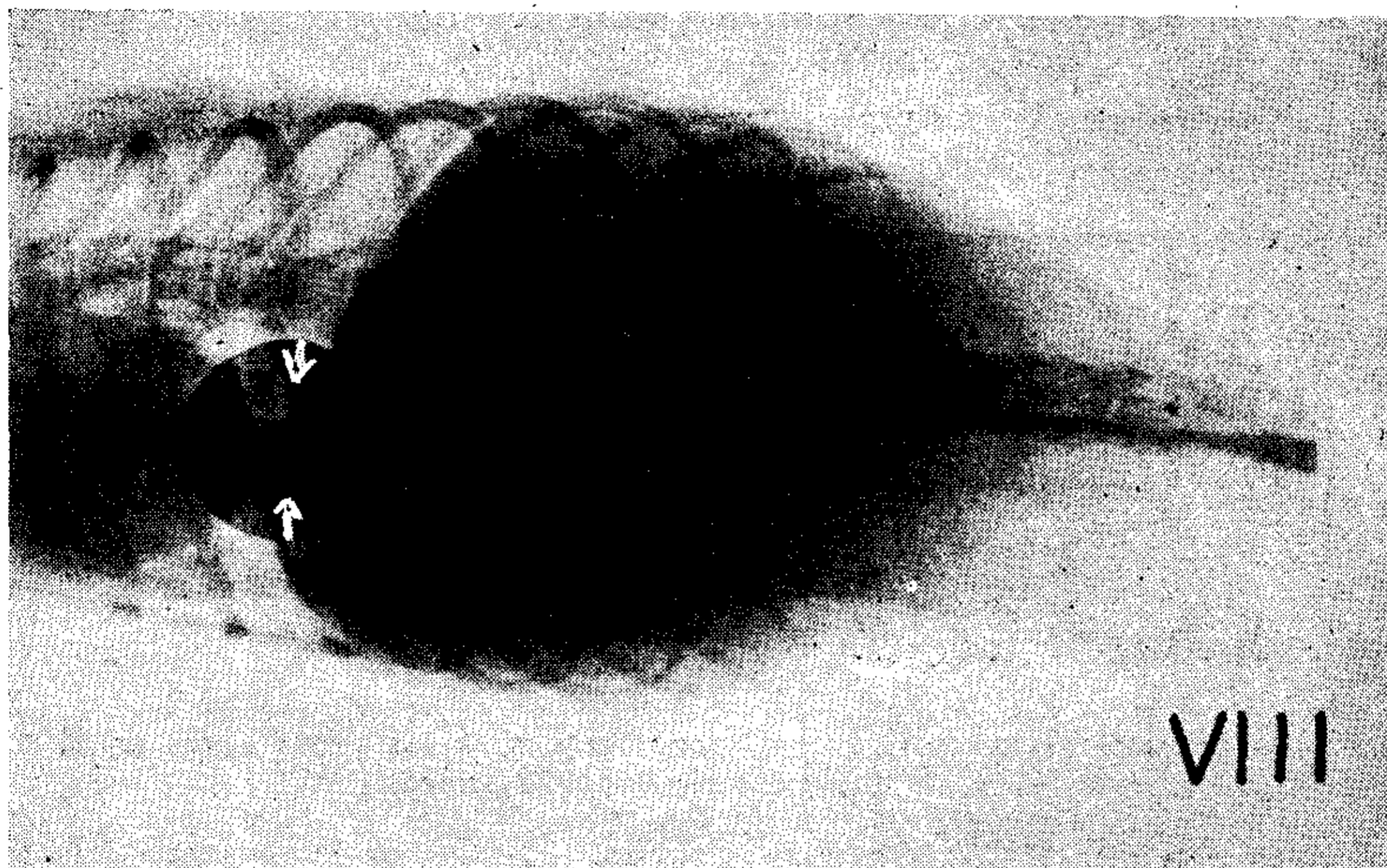


FIG. 4. — Visualización de la V. C. I. La misma técnica de la figura anterior; perro en posición horizontal; se descubre el neumogástrico en el cuello. VIII: Antes de la excitación vagal. IX: Durante el paro cardíaco por excitación vagal. Explicación detallada en el texto.

1) En el perro vertical cabeza abajo, se comprende que el corazón desplazado cefálicamente, por la acción de su propio peso, queda suspendido del centro frénico, por la envoltura pericárdica; ésta se halla en las condiciones del vértice de una carpa tendida en cuyo interior se aloja la V. C. I. T. obligada a mantener una cavidad real llena de sangre.

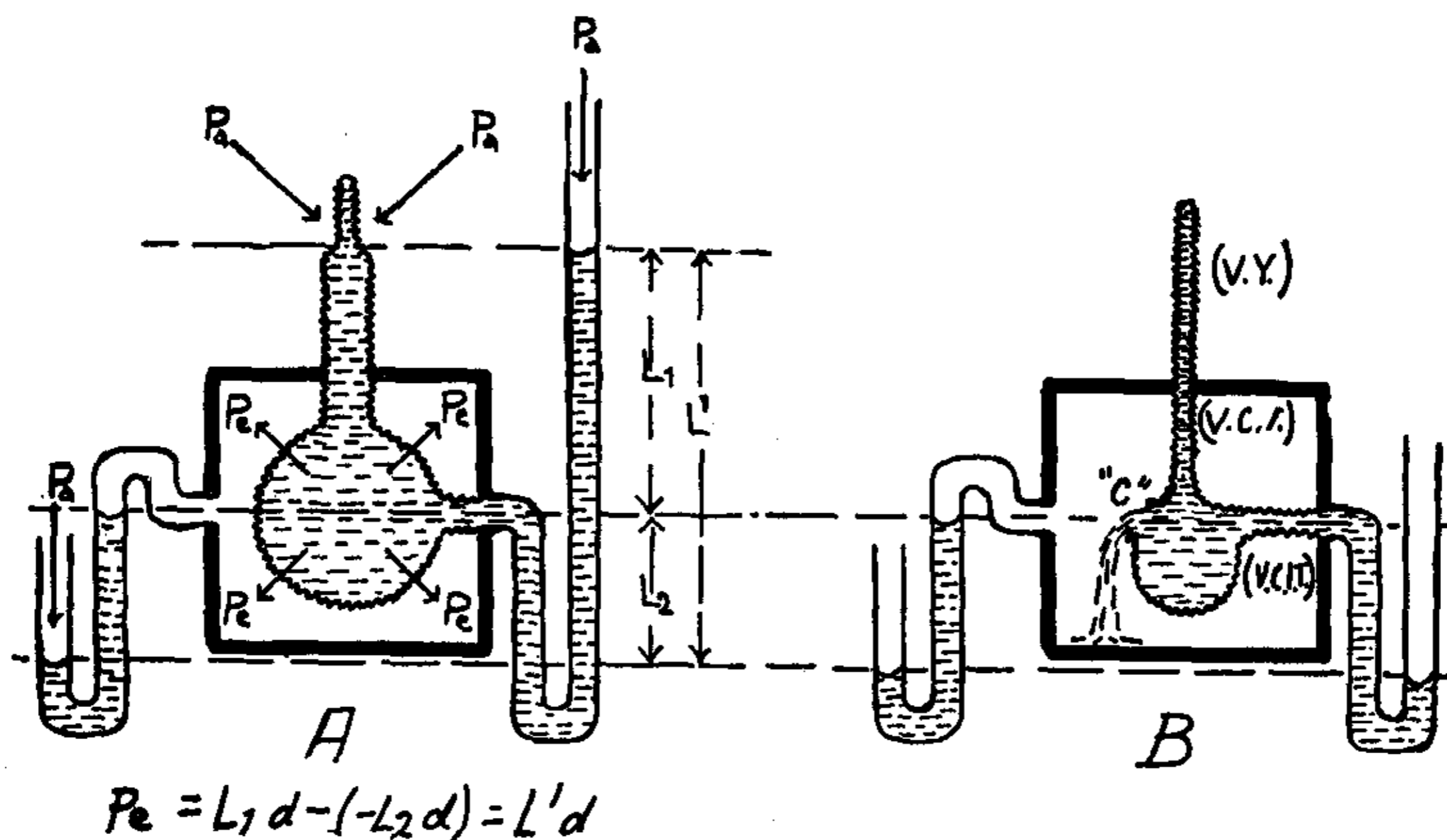


FIG. 5. — Representación teórica de las condiciones de las venas cavas en el tórax en el animal vertical cabeza arriba.

A: Esquema de Green ligeramente modificado. "Efecto de la presión (negativa) intratorácica en la presión efectiva de distensión (llenamiento) de los vasos y cavidades cardíacas dentro del tórax. L_1 , presión de la sangre en una vena central; L_2 , presión intratorácica; P_e , presión efectiva de distensión = $L'd$ " (d = densidad).

B: Transformación del esquema anterior cuando se practica la abertura "C" (lo que equivale a la presencia de un corazón normal). La (V. Y.) está colapsada con una presión interna igual a la P_e externa (atmosférica); la (V. C. S.) está también colapsada con una presión interna igual a la P_e externa (torácica). La (V. C. I. T.) está dilatada por la acción hidrostática de su contenido. Explicación detallada en el texto.

2) Estas consideraciones parecen aún más oportunas para el caso del hombre en el cual la V. C. I. T. es relativamente más corta y la superficie de inserción del pericardio en el diafragma mucho mayor.

3) El estudio de la presión venosa en la proximidad o en la propia V. C. I. T. en el perro vertical cabeza abajo, permitió observar un comportamiento también anómalo con relación a lo que ocurría en la V. C. S. en el animal vertical cabeza arriba⁸.

Llama la atención el diferente aspecto de las porciones torácica y abdominal de la V.C.I. en cualquiera de las posiciones estudiadas; mientras la porción torácica se halla siempre distendida, aún cuando su presión hidrostática sea muy pequeña o aun inexistente (como en

el caso últimamente citado del animal vertical cabeza abajo), la porción abdominal no modifica sustancialmente su aspecto acintado cuando el animal cambia de posición y aun cuando la detención cardíaca hace pensar en un aumento de la presión interior.

En relación con estos hechos conviene tener presente^{5, 6}:

1) Mientras la V. C. I. T. se halla rodeada de un medio gaseoso, la V. C. I. A. está sumergida en un medio con todas las características de un líquido de la misma densidad de la sangre; de modo que la única presión que soportan sus paredes se debe a la *vis a tergo*, de valor muy pequeño en el extremo caudal y que se reduce a "0" hacia el extremo diafragmático. La distribución de esta pequeña presión es independiente de la posición del animal.

2) El paro o enlentecimiento cardíaco produce el inmediato aumento de presión en la V. C. I. T. con relación al tórax, pero recién cuando dicho aumento supera el valor de la diferencia de presión tóracoabdominal, se produce la distensión e hiperpresión de la V. C. I. A. con la correspondiente posible transmisión retrógrada en las ondas cardíacas. Se deduce que en la estasis venosa de origen cardíaco, la V. C. I. T. soporta siempre una presión efectiva mayor que la V. C. I. A.

En los trabajos repetidamente mencionados se hallan los fundamentos teóricos de muchos hechos aquí referidos; insistiremos nuevamente en esos fundamentos, sobre la base de los esquemas de la fig. 5, que se refieren concretamente a las condiciones en que se encuentran las venas cavas del tórax en la posición vertical cabeza arriba.

Con el subtítulo "Efecto de la presión intratorácica en los volúmenes estáticos y las presiones" y refiriéndose a la fig. 5-A, escribe Green⁹:

"Cuando la presión en la circulación es medida con relación a la presión atmosférica, la presión registrada indica la efectiva fuerza distensora si los vasos mismos están rodeados por sustancias bajo una presión igual a la atmosférica. En la cavidad torácica, sin embargo, como se ve en la fig. 5-A, existe una presión negativa; la presión dentro del tórax es menor que la atmosférica, así que la presión efectiva distensora sobre las paredes de los vasos y las cavidades cardíacas, dentro del tórax, es mayor que la presión medida en una cantidad igual a la magnitud de la presión negativa (cantidad en la cual la presión atmosférica excede la presión torácica). La presión negativa intratorácica en el hombre se extiende desde —3 a —6 mm. de Hg en la espiración y desde —8.5 a —9 mm. durante la inspiración tranquila. Durante la inspiración profunda la presión puede ser reducida hasta —30 a —40 mm. de Hg (Wiggers, 1939). Valores semejantes fueron encontrados en perros. El efecto de la presión negativa intratorácica es causar que más sangre sea acumulada en las venas centrales, que lo que podría anticiparse de la medida aislada de la presión interna durante la inspiración y la espiración."

“Puesto que la presión intratorácica cae bastante durante la inspiración, la capacidad de los vasos centrales, aurículas y ventrículos, es aumentada sobre la que existe en la espiración. Como resultado, la sangre fluye de las estructuras extratorácicas para igualar la presión en todo el sistema. Durante la espiración tiende a ocurrir un reflujo, pero en las venas él es evitado por las válvulas. Como resultado, la sangre es derivada de las venas a las arterias en cada espiración y hacia las venas centrales durante la inspiración. Este movimiento del volumen sanguíneo estático, causado por los cambios de la presión intratorácica, es referido a la acción de bomba de la respiración (Hill y Barnard, 1897).”

En las anteriores consideraciones, el autor citado ha tomado por base el caso extremo de un perro con el corazón detenido, no hace mención de que las condiciones cambian no sólo de grado, sino de especie, cuando el corazón marcha normalmente. Por otra parte ese tipo de razonamiento es la base del criterio generalmente aceptado para explicar la acción de la hipopresión torácica sobre el retorno venoso.

El razonamiento es aplicable si suponemos que el sistema venoso está totalmente cerrado o por lo menos distendido, lo que quiere decir que el corazón realiza, en forma muy deficiente, la función esencial de descarga del sistema venoso (fig. 5-A); pero, apenas creado un amplio desagüe por medio de la abertura “C”, el sistema se transforma en el de la fig. 5-B, donde se observa lo siguiente:

1) La porción venosa extratorácica (vena yugular) se halla colapsada y, por consiguiente, no hay diferencia de presiones entre su cara externa sometida a la presión atmosférica y su cara interna, cualquiera que sea el nivel considerado.

2) La porción intratorácica por encima de la abertura “C” (V.C.S.), está también colapsada y separa medios de la misma presión subatmosférica. Esta porción no puede aspirar el contenido de la anterior por el estado de colapso de la pared venosa.

3) La porción inferior (V.C.I.T.) está distendida por su contenido hidrostático.

4) La abertura “C” representa la amplia comunicación del sistema venoso con el corazón derecho; recordemos, en efecto, que el corazón normal mantiene constantemente en el extremo venoso del aparato circulatorio, un ambiente de presión igual a la torácica.

Es evidente que las condiciones enumeradas no se modifican sustancialmente por el hecho que el sistema venoso sea recorrido por una corriente líquida relativamente pequeña que venga de cada uno de

sus extremos; las Rg. I y II muestran, en efecto, que la sección de la corriente sanguínea es muy pequeña con relación a la sección total de la vena que se observa en la Rg. III.

SUMARIO Y CONCLUSIONES

Se hace el estudio radiológico de las venas cavas contrastadas por inyección gota a gota rápido de yoduro de sodio al 40 % en perros.

El estado de distensión o colapso de las venas cavas torácicas no depende de la existencia de la hipopresión torácica.

Depende, en cambio, de la posición del animal, de modo que la vena cava superior se halla colapsada en la posición vertical cabeza arriba y distendida en la posición vertical cabeza abajo.

La vena cava inferior no modifica apreciablemente su forma al pasar de una posición vertical a la opuesta ni por la acción del paro cardíaco, lo que sugiere la existencia de condiciones especiales.

Estos hechos complementan estudios manométricos anteriores y son discutidos con relación a los conceptos generalmente admitidos.

BIBLIOGRAFIA

1. *Franklin K. J.* — "A monograph on veins", Springfield-Baltimore, 1943.
2. *Tigerstedt.* — "Die Physiologie des Kreislaufes", 2ª Edic., vol. IV, Berlín-Leipzig, 1923.
3. *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.
4. *Holt J. P.* — The effect of positive and negative intrathoracic pressure on peripheral venous pressure in man. "Am. J. of Physiol.", 1943, 139, 208.
5. *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.
6. *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.
7. *Duomarco J., Recarte P. y Rimini R.* — La presión intraabdominal y la regulación del retorno venoso. "Rev. Arg. de Cardiol.", 1945, 11, 359.
8. *Duomarco J., Rimini R. y Recarte P.* — La presión intrapleural y la presión de los troncos venosos del tórax. "Rev. Arg. de Cardiol.", 1945, 12, 129.
9. *Green H. D.* — "Circulation: Physical Principles" en: Otto Glasser. "Medical Physics". Chicago-Illinois, 1944.

R E S U M E

On fit l'étude radiologique des veines caves chez les chiens, par l'injection rapide goutte à goutte de yodure de sodium au 40 %.

L'état de distention ou de collapse des veines caves thoraciques ne dépend pas de l'existence de l'hypoprésion thoracique, mais de la position de l'animal, de façon que la veine cave supérieure est collapsée dans la position verticale, tête en haut, et distendue dans la position verticale, tête en bas.

La veine cave inférieure ne modifie pas autrement sa forme en passant de la position verticale à l'opposée ni par l'action de l'arrêt cardiaque, ce qui suggère l'existence de conditions spéciales. Ces faits complètent les études manométriques antérieures et on les discute en relation aux idées généralement admises.

S U M M A R Y

A radiological study of the venae cavae has been made in dogs by rapid intravenous injection of a 40 % solution of sodium iodide.

The state of distention or collapse of the thoracic venae cavae does not depend on the existence of a thoracic negative pressure. It depends on the position of the animal, the superior vena cava being in a state of collapse when the dog is in the head up vertical position and distended when in the head down vertical position.

No appreciable changes in the form of the inferior venae cava are elicited by passing from one vertical position to the other, nor by the heart stoppage, which suggests the existence of special conditions.

These facts confirm previous manometric studies and are discussed in relation to concepts generally admitted.

ZUSAMMENFASSUNG

Es handelt sich um die radiologische Untersuchung der Venae cavae vermittels Kontrastbilder, die man durch schnelle Tropfeneinspritzung von 40 % INa bei Hunden erzielt. Der Kollaps, oder Dilatationszustand der thorakalen Venae Cavae ist unabhängig von dem thorakalen Unterdruck. Er hängt hingegen von der Lage des Tieres ab, sodass die obere Vena Cava kolabiert ist, bei senkrechter Stellung Kopf oben und erweitert bei gleicher Stellung aber Kopf unten. Die untere Vena Cava ändert nicht merklich ihre Form, wenn man von der senkrechten Stellung auf die entgegengesetzte übergeht, auch nicht bei Herzstillstand, sodass man an besondere Bedingungen denken muss. Diese Feststellungen erweitern frühere manometrische Untersuchungen und man bespricht sie zusammenhängend mit allgemein angenommene Gedanken.