

LA PRESION VENOSA EN LOS MIEMBROS SUPERIORES, EN CONDICIONES NORMALES *

por los doctores

J. DUOMARCO y R. RIMINI

El concepto actual de presión venosa se ha elaborado, en forma explícita o implícita, sobre la suposición que las venas se comportan como tubos rígidos. De acuerdo con esta hipótesis, la presión venosa determinada, por ejemplo, en una vena del brazo (fig. 1-A), se mide por la columna de sangre

$$P = h + v + c - t$$

donde h es la columna hidrostática entre el nivel de punción y el de desembocadura de la vena cava superior en la aurícula derecha; v es el valor de la presión hidráulica (vis a tergo) en el punto de punción; c es la presión de llenamiento cardíaco; t es el valor absoluto de la aspiración pleural.

El fenómeno del *colapso*, que ocurre normalmente en determinados sectores del sistema venoso, en relación con la posición del cuerpo, quita todo valor a esta expresión y a las consecuencias que de ella se deducen; al mismo tiempo, dicho fenómeno suministra una buena base para una nueva interpretación de los hechos. A este respecto recordemos: 1) que colapso no quiere decir compresión extrínseca u oclusión vascular con el correspondiente estancamiento retrógrado; 2) que existe colapso cuando se han igualado las presiones a ambos lados de las delgadas paredes venosas y consecutivamente éstas se deprimen y arrugan longitudinalmente; 3) que el fenómeno puede ocurrir cuando las venas pasan de un ambiente de mayor a otro de menor presión, o cuando son recorridas por una corriente sanguínea descendente; 4) que a nivel de una vena colapsada la velocidad sanguínea es mayor que cuando está distendida puesto que, siendo el gasto prácticamente el mismo, la sección se ha reducido varias veces.

(*) Trabajo del Instituto de Medicina Experimental. Facultad de Medicina, Montevideo. Uruguay.

En lo que se refiere a la presión en las venas de los miembros superiores, hay que distinguir dos posibilidades según la posición de éstos con relación al tronco.

A) *El sujeto se halla acostado o en posición erecta y el brazo está por debajo del nivel del hombro.*

En anteriores investigaciones en el animal ^{1, 2, 3}, ha sido demostrado que en las posiciones habituales del hombre normal (de pie, sentado, acostado), existe siempre un colapso venoso en el punto en el cual las grandes venas tributarias de la vena cava superior atraviesan las paredes del tórax (por la sola razón de pasar de un am-

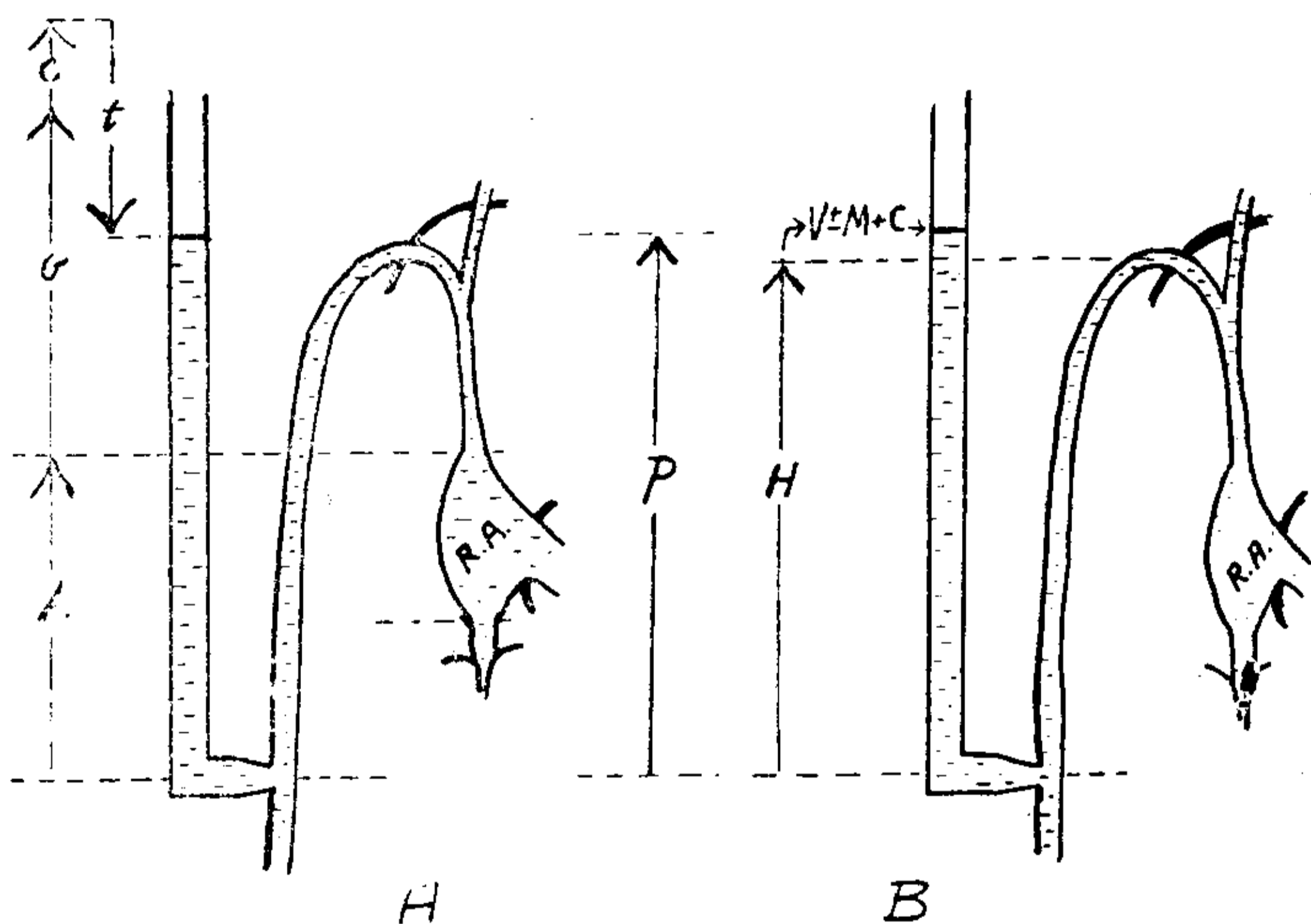


FIG. 1. — A) La composición de la presión venosa P en el brazo de acuerdo con la suposición que las venas se comportan como tubos rígidos. B) La composición de P teniendo en cuenta el carácter colapsable de las venas. Detalles en el texto.

biente de mayor a otro de menor presión). En las dos primeras posiciones mencionadas el proceso de colapso descende además a lo largo de la vena cava superior hasta la aurícula (en virtud del hecho de tratarse de una corriente sanguínea descendente, y de que la presión media de la aurícula derecha es normalmente muy pequeña, inferior a la atmosférica).

La angiocardigrafía ha dado nuevas pruebas objetivas de ambos colapsos en el hombre ⁴.

A través de la zona colapsada no puede transmitirse la aspiración pleural a las venas del brazo; por otra parte, el flujo de estas venas

no encuentra resistencia apreciable al penetrar en la zona colapsada. De aquí puede deducirse que la altura del menisco manométrico (fig. 2-A) está dada fundamentalmente por la altura del colapso yuxtatorácico; el exceso de altura del primero de los niveles depende del movimiento del líquido en el punto de punción (presión hi-

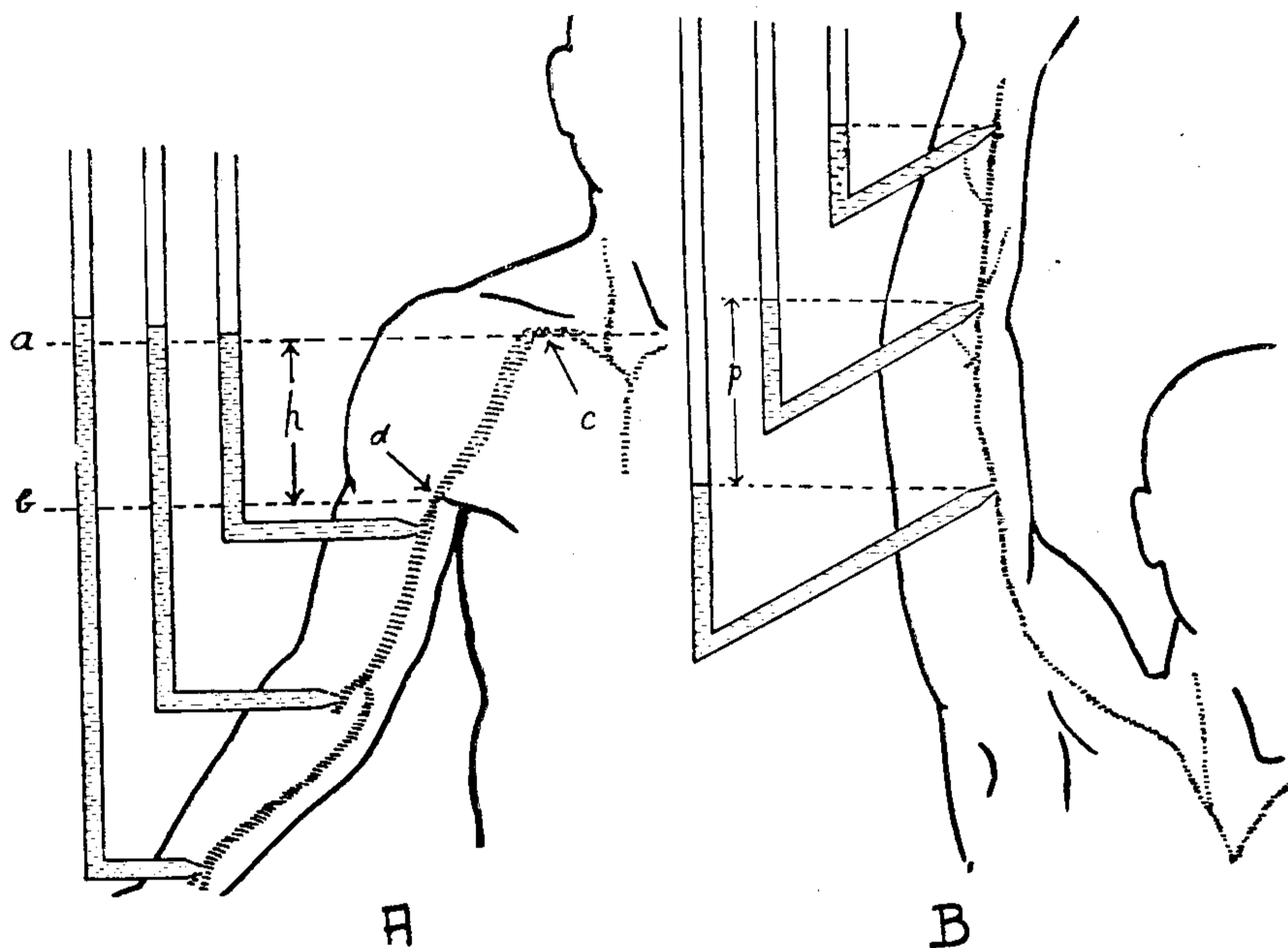


FIG. 2. — A) En las venas distentidas del brazo descendido, la posición de los meniscos manométricos está determinada fundamentalmente por el colapso yuxtatorácico *c* de la vena subclavia. La pequeña diferencia de altura de los tres meniscos depende del valor decreciente del efecto hidráulico en los puntos de punción; *h* es el margen en que puede descender el menisco venoso por la eventual acción aspirativa de la cavidad axilar; la posición mínima, próxima al plano *b* corresponde a la formación del nuevo colapso yuxtaaxilar *d*. B) En las venas colapsadas del brazo elevado, la altura de los meniscos venosos está determinada por el nivel del punto de punción.

dráulica o vis a tergo), y aumenta cuando dicho punto se acerca a los capilares.

Este esquema simple se complica por la posibilidad de que las partes blandas de la axila y de la base del cuello puedan crear un obstáculo suplementario antes de la penetración de la sangre venosa en el tórax o, por el contrario, formar un ambiente de menor presión que cubre la vena axilar y la subclavia inmediatamente antes.

de penetrar en esa cavidad. Se observa en la misma figura 2-A, que si la presión en la base de la cavidad axilar es menor que la atmosférica, puede producirse un nuevo colapso *d* de entrada a la axila (la vena pasa de un ambiente de mayor a otro de menor presión). En este caso el nivel *b* señala el mínimo alcanzable por el menisco manométrico (*).

Otro elemento puede intervenir ocasionalmente en la formación del valor de *P*. Hasta ahora habíamos supuesto que la presión venosa central es siempre inferior a la presión extratorácica; de hecho, en condiciones normales, cuando el sujeto se halla acostado, ocurre frecuentemente que las crestas del pulso venoso central son suficientemente altas para propagarse fuera del tórax y originar el pulso yugular; en condiciones patológicas, como ocurre en la insuficiencia cardíaca, el aumento de presión venosa central puede ser tan grande que determine el borramiento del colapso yuxtatorácico y la ingurgitación de las venas del cuello⁴.

De todas estas consideraciones se deduce (fig. 1-B) que el valor de la presión venosa *P* es, en realidad, la suma de cuatro elementos

$$P = H + V \pm M + C$$

H es la columna hidrostática entre el nivel de punción y el nivel del colapso yuxtatorácico; *V* es el valor de la presión hidráulica en el punto de punción de la vena distendida, valor que se reduce a 0 en la zona colapsada; *M* es un valor positivo o negativo que depende de la acción de las partes blandas del hombro y el cuello; *C* es el valor debido a la eventual propagación extratorácica de las ondas del pulso venoso central.

El elemento *H* es totalmente arbitrario y puede ser eliminado con referir la altura manométrica, no al punto de punción, sino al nivel del colapso yuxtatorácico; en efecto, de la ecuación anterior se deduce:

$$P - H = V \pm M + C = p.$$

La fig. 1-B da una idea del escaso valor de *p* y correspondientemente sugiere la escasa magnitud de sus elementos componentes.

(*) En el caso muy probable de que el contenido axilar se comporte como un medio hidrostático, el nivel de presión igual a la atmosférica puede desplazarse verticalmente por ese medio o hallarse virtualmente por encima o por debajo del mismo, según el valor de la presión de dicho contenido, dependiente del estado tónico de las paredes de la axila.

A continuación se estudiará dicho valor en una serie de sujetos normales.

MÉTODO

Han sido utilizados 40 sujetos, 26 hombres y 14 mujeres, normales desde el punto de vista pulmonar y cardíaco, sentados y en posición de decúbito dorsal, el brazo en semiabducción, inclinado hacia abajo. Se hizo la punción de una vena del codo con una aguja hipodérmica bastante gruesa, en comunicación con un tubo manométrico, que puede ser sobrecargado con una solución de citrato de sodio al 3%, por medio de un dispositivo accesorio. Cuando el menisco manométrico ha descendido y se ha estabilizado, su posición es determinada en relación con el plano horizontal correspondiente a la fosa supraesternal, considerada como un buen punto de referencia para el nivel de la vena subclavia colapsada. Es muy importante que el sujeto mantenga una buena relajación muscular, especialmente de los músculos respiratorios accesorios.

Han sido estudiadas las modificaciones de la diferencia de niveles p debidas a: a) la hiperventilación voluntaria; b) la actividad de los músculos del antebrazo; c) la prueba de Müller; d) la prueba de Valsalva. Para realizar estas pruebas el sujeto trata de aspirar o soplar por medio de un tubo ajustado a la boca, en el interior de una cámara cerrada en comunicación con un manómetro de mercurio.

El error que depende de la diferencia de densidades entre la sangre y el líquido manométrico ha sido despreciado. También se ha despreciado el factor posición de la aguja en relación con el flujo venoso, a causa de la pequeña velocidad de la sangre en las venas distendidas y, por consiguiente, de la reducida diferencia entre las presiones lateral y terminal.

La tabla I resume todas las determinaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el diagrama de la fig. 3 los valores de p han sido dispuestos ordenadamente. Se observa que, en posición sentada, dichos valores varían entre -72 y $+48$ mm. (promedio: $+1$ mm.), estando el 80 % de los mismos en una banda de 55 mm. de altura; en posición acostada, los valores variarán entre -30 y $+66$ mm. (promedio: $+21,6$ mm.), estando el 80 % de los mismos en una banda de 65 mm. de altura. La diferencia de los promedios es de 20.6 mm.; si se tiene en cuenta que en la posición acostada el nivel del colapso subclavio se halla algo por debajo del nivel de la fosa supraesternal, los valores obtenidos en dicha posición son algunos mm. inferiores a los reales, y por consiguiente, la diferencia de promedios ha sido algo subestimada.

PRESIÓN VENOSA EN MIEMBROS SUPERIORES

TABLA I

Casos	Altura del menisco por encima (+) o por debajo (-) del nivel de referencia (mm.)		Desplazamiento del menisco por encima (+) o por debajo (-) de su posición en reposo (mm.)							
			Hiperventilación pulmonar		Actividad muscular del antebrazo		Prueba de Valsalva		Prueba de Müller	
	Sentada	Acostada	Sentada	Acostada	Sentada	Acostada	Sentada	Acostada	Sentada	Acostada
1	+13	0		-30			P	P	0	0
2	+22	+30	-2	0	+2		P	P	0	0
3	+5	+15	-5	0	+		P	P	-75	X
4	-15	+5	0	0	0	0	P	P	-50	X
5	+2	+45	0	+	+	+10	P	P	-15	+
6	+15	+37	+	0	+	+	P	P	-20	0
7	-10	+65	-	0	-	0	P	P	-	0
8	-25	-8	0	-35	0	0	P	P	0	-50
9	-24	-15	+	-20	+	0	P	P	+	+
10	-32	-30	-	-	0	0	P	P	X	-20
11	-7	-5	+	+	0	0	P	P	X	+
12	0	+10	-50	0	0	0	P	P	X	0
13	-72	+25	-1	-2	0	+	P	P	X	0
14	0	-5	0	0	+	0	P	P	-20	+
15	+40	+35	+	0	0	0	P	P	-	-20
16	0	+10	+	0	+	0	P	P	-10	0
♀ 17	-7	+35	-	0	-	+	P	P	X	0
♀ 18	-25	+5	+	0	+	0	P	P	X	0
♀ 19	-5		0		0		P		-	
♀ 20	0		+				P			
♀ 21	+22	+20	0	0	0	0	P	P	0	0
♀ 22	0	+20	0	0	0	-15	P	P	0	0
23	+10	+5	0	0	+	+10	P	P	X	-30
24	-50	+37	0	0	0	+6	P	P	X	0
25	+12	+63	+2	+8	-2	+16	P	P	0	+3
26	+47	+23	+14	-10	+3	+8	P	P	0	+10
27	-3		+30		0		P		+15	
28	+25	+19	-10	-10	0	0	P		-10	0
29	-13	+10	-10	0	0	+4	P	P	+	0
30	+5	+20	0	-4	0	0	P	P	0	0
♀ 31	-14	+46	+4	+2	0	0	P	P	+	+
♀ 32	-38	+20	+3	-24	+2	0	P	P	X	-30
♀ 33	-12	+8	+4	0	+2	0	P		+	-10
34	+8	+35	+4	-15	+8	-5	P	P	-5	-22
♀ 35	+29	+66	0	+5	0	+4	P	P	-	-
♀ 36	+9	+20	0	0	0	+30	P	P	-28	0
♀ 37	+48	+52	-90	-22		+52		P	X	0
♀ 38	+40	+57	0	0	0	0	P	P	+	0
♀ 39	+11	+20	+7	-2	+40	0	P	P	+	+
♀ 40	+28	+5	0	0	+2	+3	P	P	+	+

(*) Todos los valores se expresan en mm. Cuando los signos (+) y (-) están solos, indican que los valores son pequeños, siempre menores de 5 mm. En la prueba de Valsalva, P indica un gran aumento. En la prueba de Müller, X indica que el menisco ha descendido hasta el plano del hueco axilar.

Puede observarse en el mismo diagrama que el sexo no tiene influencia sobre los valores estudiados.

El reducido valor de p es un hecho en favor de la hipótesis que el elemento fundamental en la determinación venosa, en las condiciones del experimento, es la altura del colapso subclavio. La diferencia de los promedios en las dos posiciones depende probablemente del elemento C , es decir, de la acción de las crestas del pulso venoso central que normalmente pueden progresar fuera del tórax en posición acostada y no en posición sentada. Naturalmente, no puede excluirse que en esta diferencia de promedios intervenga también el elemento muscular M .

Hay muchos indicios experimentales² en el sentido que la magnitud V , es decir la presión hidráulica σ vis a tergo, es peque-

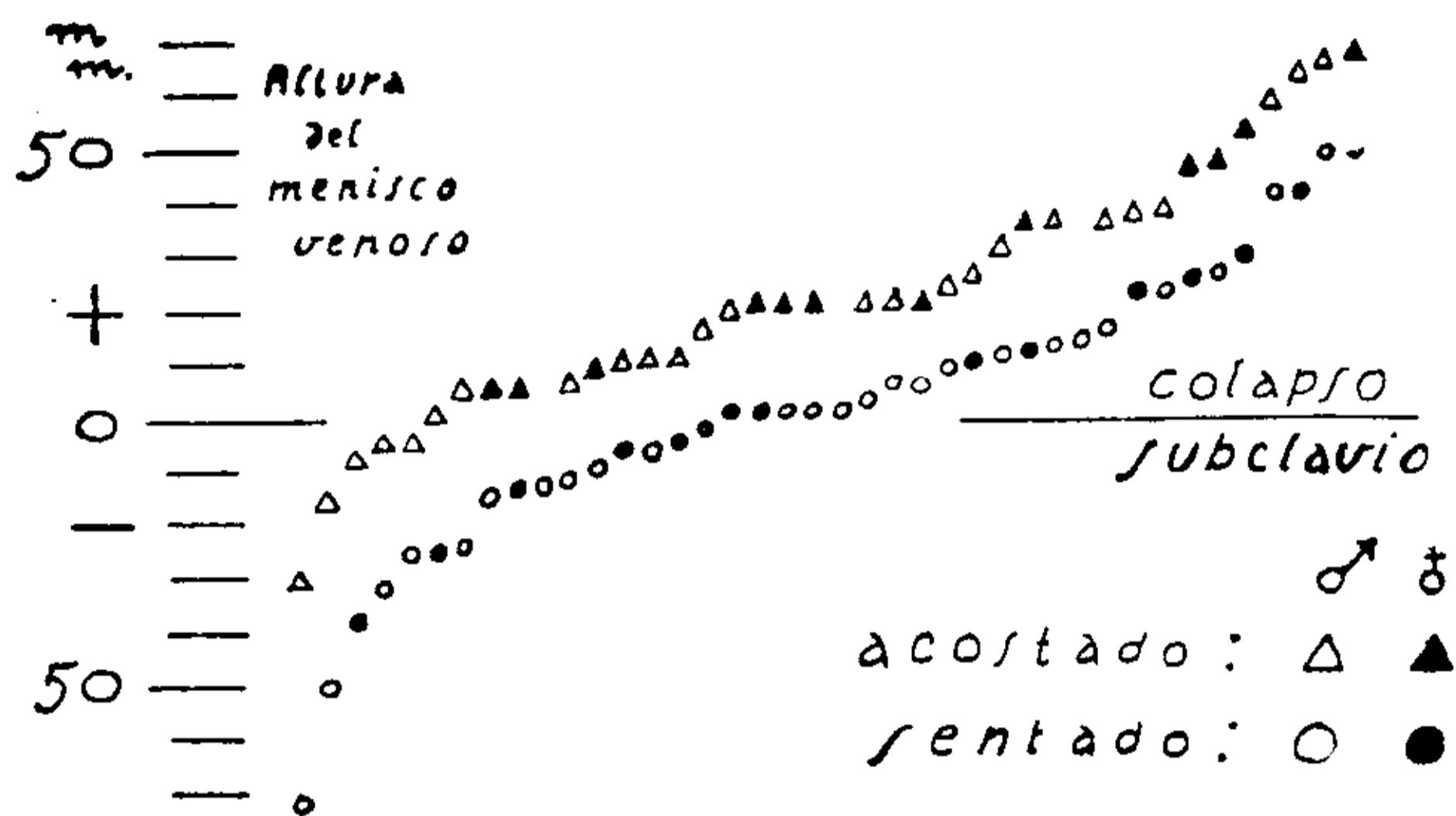


FIG. 3. — Los valores de p , es decir, los valores de presión venosa referidos al nivel del colapso de la vena subclavia (= nivel de la fosa supraesternal = 0) en el brazo descendido. Los 40 casos han sido ordenados en dos series independientes que corresponden a las dos posiciones estudiadas.

ña, del orden de algunos mm. de agua, pero los datos que se están discutiendo dan una nueva prueba de esta proposición: el hecho que el flujo venoso local, considerablemente aumentado por la actividad muscular del antebrazo, no modifica prácticamente el valor de p concuerda con un valor muy pequeño de V . El estudio de la presión venosa en los miembros inferiores, que se discutirá en la próxima nota, ofrece otra demostración de este hecho.

Si despreciamos el elemento V y reducimos a 0 el elemento C , tomando por base los valores en posición sentada, resulta que M , es decir la acción de la musculatura del hombro y base del cuello, es la causante de las fluctuaciones de p por encima y por debajo del nivel de referencia; esto concuerda con los siguientes hechos:

a) La posición del menisco manométrico es, en general, inestable, varía claramente con los cambios de tono de la musculatura local y general. b) Durante las determinaciones, es necesario esperar un cierto período de adaptación en el cual el menisco en general desciende, a veces se eleva; en ciertos sujetos pusilánimes el valor inicial de p es muy grande. c) La influencia de la respiración forzada y de la actividad de los músculos del antebrazo sobre p es, en general, nula, pero a veces produce importantes cambios en uno u otro sentido, fáciles de explicar en virtud de las modificaciones del tono de los músculos del hombro, que suelen acompañar a aquellos movimientos. d) La práctica nos ha permitido prever valores negativos de p en sujetos delgados con depresión de las fosas supra e infraclavicular, que atestiguan un valor negativo de la presión de la cavidad axilar, y valores positivos en sujetos con buen desarrollo adiposo, en los cuales aquella eventualidad es improbable. e) Un estudio atento de la prueba de Müller es de particular interés desde el punto de vista en discusión.

En un determinado momento pareció que esta prueba podía considerarse crucial para decidir si la aspiración torácica podía o no transmitirse a las venas del brazo; de hecho, de estos experimentos, resumidos en la tabla I, resulta que la prueba de Müller puede determinar un descenso de la presión venosa tomada en el pliegue del codo; el hecho no es constante, un descenso de por lo menos 20 mm. ocurre en el 43% de los casos estudiados en posición sentada, y en el 16% de los casos en posición acostada; en la primera posición puede ocurrir que el descenso llegue hasta 75 mm. Contra la hipótesis de que estos descensos se deban a la transmisión periférica de la aspiración de tórax hay que destacar: a) el carácter minoritario de los casos en que ocurre; b) el hecho de que puede también ocurrir el fenómeno inverso, es decir, el aumento de presión venosa; c) el escaso valor del descenso que, aún en el mejor de los casos, es más de diez veces menor que la aspiración torácica que lo acompaña.

La intervención del plano ósteo-muscular del hombro, a la cual ya nos hemos referido, puede ser la solución integral del problema. El esfuerzo inspiratorio, especialmente durante la prueba de Müller, puede producir, en muy diferente grado, de acuerdo con la constitución del sujeto, una presión negativa de la cavidad axilar y sus anexos; el hecho, se demuestra por la marcada acentuación de los huecos axilar, supra e infraclavicular que suele ocurrir en el desarrollo de la prueba. El mecanismo de esta hipopresión axilar se deduce fácilmente, recordando la estructura anatómica de la axila y base del cuello, cuyas paredes, formadas por músculos respiratorios accesorios, tienden a aumentar la capacidad de dichas cavidades durante su contracción.

Volviendo a la figura 2-A, se concibe fácilmente que la aspiración axilar

puede ser suficiente para reducir el valor de la presión venosa en una fracción no mayor de h y eventualmente originar un nuevo colapso venoso d , de entrada a la axila, capaz de determinar la altura mínima del menisco manométrico.

Dos confirmaciones de esta interpretación han sido dadas en los experimentos comentados: a) en las personas sentadas en las cuales la prueba de Müller puede producir un descenso importante del menisco manométrico, el menisco suele llegar hasta, pero nunca por debajo del nivel del hueco axilar; b) el descenso del menisco es mucho menor y menos frecuente en posición acostada, lo que concuerda con el hecho que en esta posición, la distancia vertical entre el colapso subclavio y el eventual colapso axilar es también menor (*).

Las fluctuaciones de M con la respiración pueden originar las variaciones respiratorias de la presión venosa en el brazo que se habían supuesto debidas a las variaciones de la presión torácica.

La prueba de Valsalva produce un considerable aumento del valor p en todos los casos, lo cual se explica sin dificultad si se piensa que en esta prueba, las condiciones determinantes del colapso subclavio han sido sustituidas por un verdadero obstáculo al regreso de sangre al tórax. Por un mecanismo semejante se explica el aumento de la presión venosa en el momento de hablar.

B) El sujeto se halla sentado o acostado y el brazo está elevado por encima del nivel del hombro.

Es el caso de la fig. 2-B; el brazo se halla elevado pasivamente y las venas están colapsadas en toda su extensión. El menisco de un tubo manométrico en comunicación con la vena, señala simplemente el nivel del punto de punción.

De hecho, en una serie de 30 determinaciones, el menisco se encontró entre 0 y 25 mm. encima de la extremidad de la aguja. Los pequeños valores positivos pueden ser atribuidos a la acción de las partes blandas que rodean la vena.

Las condiciones físicas que rigen la caída de sangre a lo largo de las venas colapsadas han sido motivo de un estudio anterior². La situación es similar a la de un chorro libre o la de un torrente; el líquido cae o se desliza a lo largo de planos muy inclinados, por la acción de la gravedad, la presión lateral es nula y la presión terminal, positiva o negativa (según que el orificio del tubo captador se oponga a, o se dirija en el sentido de la corriente), varía con el cuadrado de la velocidad adquirida por el líquido en el punto de toma de la presión; esta

(*) Estos resultados se oponen a los de Holt⁵ en el sentido que este autor ha encontrado que una disminución de la presión venosa durante la inspiración forzada, ocurría en posición supina y no en posición sentada; de aquí el autor dedujo que el colapso ocurría en ésta y no en aquella posición.

velocidad depende, a su vez, de la altura de la caída y de la fricción interna y externa.

En el caso de la vena, la sangre se acelera por la gravedad, y en la misma proporción se reduce la sección del vaso; esto determina un aumento de la fricción, lo cual frena la velocidad de caída. La ausencia de presión lateral está demostrada por el propio colapso de las paredes venosas, puesto que, por pequeña que fuera la presión interna sería suficiente para una dilatación completa. La magnitud del colapso, que hace difícil la percepción de las gruesas venas superficiales del brazo, habla del valor relativamente grande de la velocidad de la sangre en su interior.

Puede plantearse cuál es la importancia de la presión dinámica generada por esa velocidad teniendo en cuenta que, en las condiciones de las medidas en el hombre, el orificio de la aguja está dirigido en el sentido de la corriente. El siguiente experimento responde a esta pregunta y pone de relieve la importancia que tiene el hecho que la aguja esté o no biselada.

En el seno de un chorro de agua, en un punto situado 225 mm. por debajo del grifo, se introdujo el extremo de una aguja hipodérmica en comunicación con un tubo manométrico; según la posición de la aguja se obtuvieron las presiones lateral y terminadas "según la corriente" o "contra corriente". He aquí los valores obtenidos:

- a) presión terminal "contra corriente" (aguja sin bisel): 227 mm.
- b) presión terminal "contra corriente" (aguja con bisel): 82 mm.
- c) presión lateral: 0 mm.
- d) presión terminal "según la corriente" (aguja con bisel): -3 mm.
- e) presión terminal "según la corriente" (aguja sin bisel): -10 mm.

Estos valores son prácticamente independientes del caudal del chorro de agua. Cuando un tubo colapsable de 220 mm. de largo fué fijado a la salida del grifo, de modo que la extremidad inferior terminaba algunos milímetros por encima del extremo de la aguja, los valores anteriores se redujeron en un 70% para un flujo de 400 cc. y en un 20% para un flujo de 2000 cc. por minuto.

En las determinaciones en el hombre, se trataba de una presión terminal "según la corriente" y con aguja biselada, por lo cual la presión obtenida es prácticamente igual a la presión lateral. El gasto relativamente pequeño de una vena del brazo, y la mayor viscosidad de la sangre hacen prever valores pequeños para los otros tipos de presión terminal.

COMENTARIOS

La comparación del nivel del menisco venoso con el plano del colapso subclavio referido a la fosa supraesternal, reduce el problema de la presión venosa a sus verdaderos términos, elimina una serie de falsos problemas y crea otros de diverso interés.

Se ha visto que, en condiciones normales, la presión venosa en el brazo está determinada, fundamentalmente, por la altura del

clave, il est indépendant de l'aspiration pleurale, de la pression et de la position de l'oreillette droite; par contre il est influencé par l'action des muscles de l'axille par l'éventuelle action des sommets du pouls veineux central et par la valeur moindre de la pression hydraulique.

De fait, on étudia la différence des niveaux entre le ménisque et le collapsus sousclave (relationné à la fosse supraesternale) dans 40 sujets normaux, en position assise et couchée, et les modifications introduites par l'hyperventilation pulmonaire, l'activité musculaire de l'avant-bras et les preuves de Müller et Valsalva.

Dans les veines collapsées du bras élevé le ménisque montrait simplement le niveau du point de ponction.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

In normal conditions, the meniscus of a manometer connected to a vein from a lowered arm, practically coincides with the level of the yuxtathoracic collapse of the subclavian vein and is independent of the pleural aspiration and of the right auricular position and pressure. It is, nevertheless, influenced by the action of the shoulder muscles, the occasional peaks of the central venous pulse and by the normal values of the hydraulic pressure.

In 40 pts., the differences between the meniscus and the subclavian collapse, in sitting and reclining positions, and the variations induced by hyperventilation, muscular activity of the forearm and the Müller and Valsalva maneuvers, were studied.

In the collapsed veins of a raised arm, the meniscus simply shows the level of the puncture.

ZUSAMMENFASSUNG

In normalen Verhältnissen stimmt praktisch genommen das Niveau des Meniscus einer manometrischen Röhre, welche in Verbindung mit einer Vene eines gesenkten Armes steht, mit dem Niveau des yuxtathoracischen Collapses der Vena subclavia überein, ist unabhängig von der pleuralen Aspiration, und dem Druck und Position des rechten Vorhofs; andererseits wird er beeinflusst von der Bewegung der Schultermuskeln, von der eventuellen Aktion der Spitzen des centralen venösen Pulses und dem geringen Wert des hydraulischen Drucks.

Tatsächlich wurde die Differenz der Niveaus zwischen dem Meniscus und dem subclavischen Collaps (in Beziehung zur fosa suprasternal) bei 40 normalen Individuen im Sitzen und Liegen studiert, wie auch die Modifizierungen infolge der pulmonären Überventilation, die musculäre Activität des Unterarmes und die Müller und Valsalva Proben.

In den collabierten Venen des erhobenen Armes zeigt der Meniscus einfach das Niveau der Punctionsstelle an.