

ENSAYOS DE DETERMINACION DEL VOLUMEN SISTOLICO CON LA FORMULA DE STARR EN SUJETOS NORMALES *

por los doctores

G. STRITZLER. R. H. MEJIA y M. AVELLANEDA

A partir de los trabajos iniciales de Erlanger y Hooker¹ (1904), diversos autores han ensayado fórmulas que, basadas en la presión arterial y la frecuencia del pulso, sirvieran para la determinación del volumen minuto; los autores citados calcularon el volumen minuto obteniendo el producto de la presión diferencial por la frecuencia del pulso. Von Recklinghausen² (1906) añade a esta fórmula un factor de elasticidad arterial; Strassburger³ (1907) y Hopffner⁴ (1907) realizan determinaciones con estos métodos, señalando las limitaciones por ellos encontradas para su aplicación práctica. Liljestrand y Zander⁵ (1928), utilizando las mismas variables, propusieron una fórmula que alcanzó mayor difusión, cayendo luego en desuso por no ser aplicable en casos patológicos.

Starr y col.^{6, 7} (1954) proponen una nueva fórmula que derivan de la presión diferencial, la presión diastólica y la edad, a la que consideran de utilidad para determinar, de un modo aproximado, el volumen sistólico en casos normales y patológicos.

Con el objeto de apreciar el valor de la fórmula de Starr para la determinación del volumen sistólico, hemos comenzado por aplicarla en un grupo de sujetos normales, comparando los resultados con los obtenidos por otros autores que han utilizado métodos instrumentales más complejos.

MATERIAL Y TÉCNICA

Se estudian un total de 80 sujetos normales, 45 hombres y 35 mujeres, de 14 a 44 años de edad. Se determinó la presión arterial siguiendo las normas de la American Heart Association utilizando aparatos bien calibrados; se consideró como presión diastólica el momento de la desaparición de los ruidos, realizándose en cada sujeto varias determinaciones y eligiéndose las cifras más bajas obtenidas.

* Servicio de Cardiología del Policlínico "T. de Alvear". Jefe: Prof. Dr. León de Soldati. Comunicación presentada a la Sociedad Argentina de Cardiología, 25 de octubre de 1954.

FÓRMULA DE STARR Y VOLUMEN SISTÓLICO

El volumen sistólico fué calculado por medio de la fórmula de Starr correspondiente a esta técnica:

$$\text{VOLUMEN SISTOLICO} = 100 + 0,5 \text{ de la presión diferencial} - 0,6 \text{ de la presión diastólica} - 0,6 \text{ de la edad.}$$

De la cifra obtenida se calcularon luego el volumen minuto y el Índice Cardíaco.

En 59 sujetos las determinaciones fueron hechas en tres posiciones distintas: acostado, sentado y de pie, con reposo previo e intercalado entre las mismas; en las 21 personas restantes los cálculos fueron realizados en posición sentada.

Diez de las personas estudiadas fueron sometidas al esfuerzo reglado por Master, calculando el volumen minuto previo al esfuerzo, al minuto, a los tres minutos y a los cinco minutos, siempre en posición de pie.

En todos los casos los sujetos estudiados se encontraban fuera del período digestivo y habían permanecido en reposo previo a las determinaciones efectuadas.

Las cifras obtenidas fueron estudiadas en relación con el sexo, la edad y la posición de los sujetos, haciendo en todos los casos el análisis estadístico de los resultados: término medio aritmético y desviación standard del término medio.

RESULTADOS

Sexo: Se estudiaron 45 hombres y 35 mujeres; los valores del volumen sistólico calculado en cm.³, fueron los siguientes:

	Valor máximo	Valor mínimo	Término medio	Desviación standard
Hombres	79	38	57	10
Mujeres	78	38	57	10

El volumen minuto calculado en litros-minuto arrojó las siguientes cifras:

	Valor máximo	Valor mínimo	Término medio	Desviación standard
Hombres	6.6	2.8	4.4	1.2
Mujeres	6.1	2.5	4.3	1.2

El índice cardíaco calculado en litros/minuto/metro² sup. corp. presentó los resultados siguientes:

	Valor máximo	Valor mínimo	Término medio	Desviación standard
Hombres	3.7	1.2	2.4	1.1
Mujeres	4.0	1.4	2.6	0.8

Es posible observar en el análisis de estas cifras, que no se encuentran diferencias apreciables entre ambos sexos, a excepción

del índice cardíaco que es ligeramente superior en la mujer con relación al del hombre.

Posición: Fueron estudiados 59 sujetos en posición de pie y acostada y 80 sujetos en posición sentada. Los valores calculados del volumen sistólico en cm.³ fueron los siguientes:

	Valor máximo	Valor mínimo	Término medio	Desviación standard
De pie	79	35	56	14
Sentados	80	38	57	12
Acostados	82	37	57	14

El cálculo del volumen minuto arrojó las siguientes cifras:

	Valor máximo	Valor mínimo	Término medio	Desviación standard
De pie	6.2	2.3	4.3	1.2
Sentados	6.6	2.5	4.4	1.0
Acostados	5.8	2.7	4.1	1.0

El índice cardíaco calculado presentó las cifras siguientes:

	Valor máximo	Valor mínimo	Término medio	Desviación standard
De pie	4.4	1.2	2.5	0.9
Sentados	4.0	1.2	2.5	0.6
Acostados	4.5	1.4	2.4	0.8

Se deduce de estas cifras que el volumen sistólico no varió al pasar de una posición a las otras, mientras que el volumen minuto fué superior en posición sentada que en posición de pie, siendo menor aún en posición acostada. El índice cardíaco no ofreció variaciones en las diferentes posiciones estudiadas.

Edad: (figura 1). Analizando los resultados obtenidos solamente en posición sentada, sin discriminación de sexo, y promediando los valores individuales por lustros de edad, se observa que las cifras promedio fueron las siguientes:

	Volumen sistólico	Volumen minuto	Índice cardíaco
De 14 a 19 años	65	4.9	3.1
De 20 a 24 años	62	4.5	2.5
De 25 a 29 años	59	4.6	2.6
De 30 a 34 años	52	4.2	2.4
De 35 a 39 años	51	4.1	2.2
De 40 a 44 años	45	3.3	1.8

FÓRMULA DE STARR Y VOLUMEN SISTÓLICO

Estas cifras permiten apreciar que, tanto el volumen sistólico, como el volumen minuto, y el índice cardíaco, han seguido, en los sujetos por nosotros estudiados, una curva decreciente con la edad considerada en lustros.

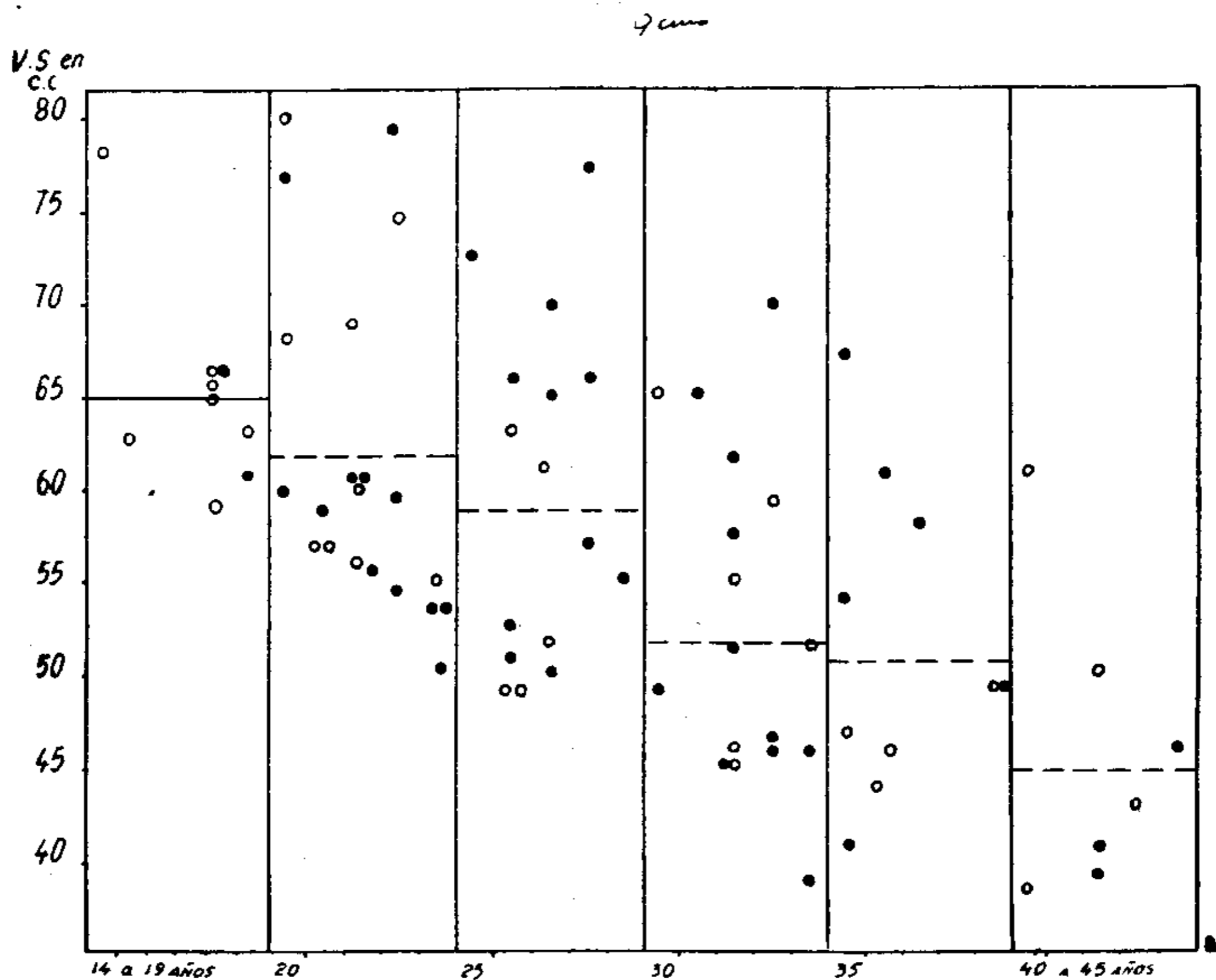


FIG. 1. — Valores del volumen sistólico según la edad de los sujetos estudiados.

Prueba de esfuerzo: en los diez sujetos estudiados según la prueba de esfuerzo reglada por Master, se observaron las mismas variaciones, tanto para el índice cardíaco, el volumen minuto y el volumen sistólico (figura 2).

Las cifras obtenidas fueron, en sus valores promedio, las siguientes:

	Volumen sistólico	Volumen minuto	Índice cardíaco
Previo al esfuerzo	57	4.6	2.8
Al minuto	66	7.2	4.5
A los tres minutos	61	5.3	3.3
A los cinco minutos	56	4.6	2.8

Es posible señalar en estas cifras, un aumento considerable del volumen sistólico, volumen minuto e índice cardíaco al minuto de realizado el esfuerzo, los que vuelven a niveles normales a los cinco minutos de finalizada la prueba.

DISCUSIÓN

Starr (1954), utilizando las tablas de presión arterial y edad publicadas por autores que emplearon otros métodos, calculó, cuando ello fué posible, el volumen sistólico por medio de la fórmula descripta, encontrando, entre sus resultados y los de dichos autores, gran semejanza.

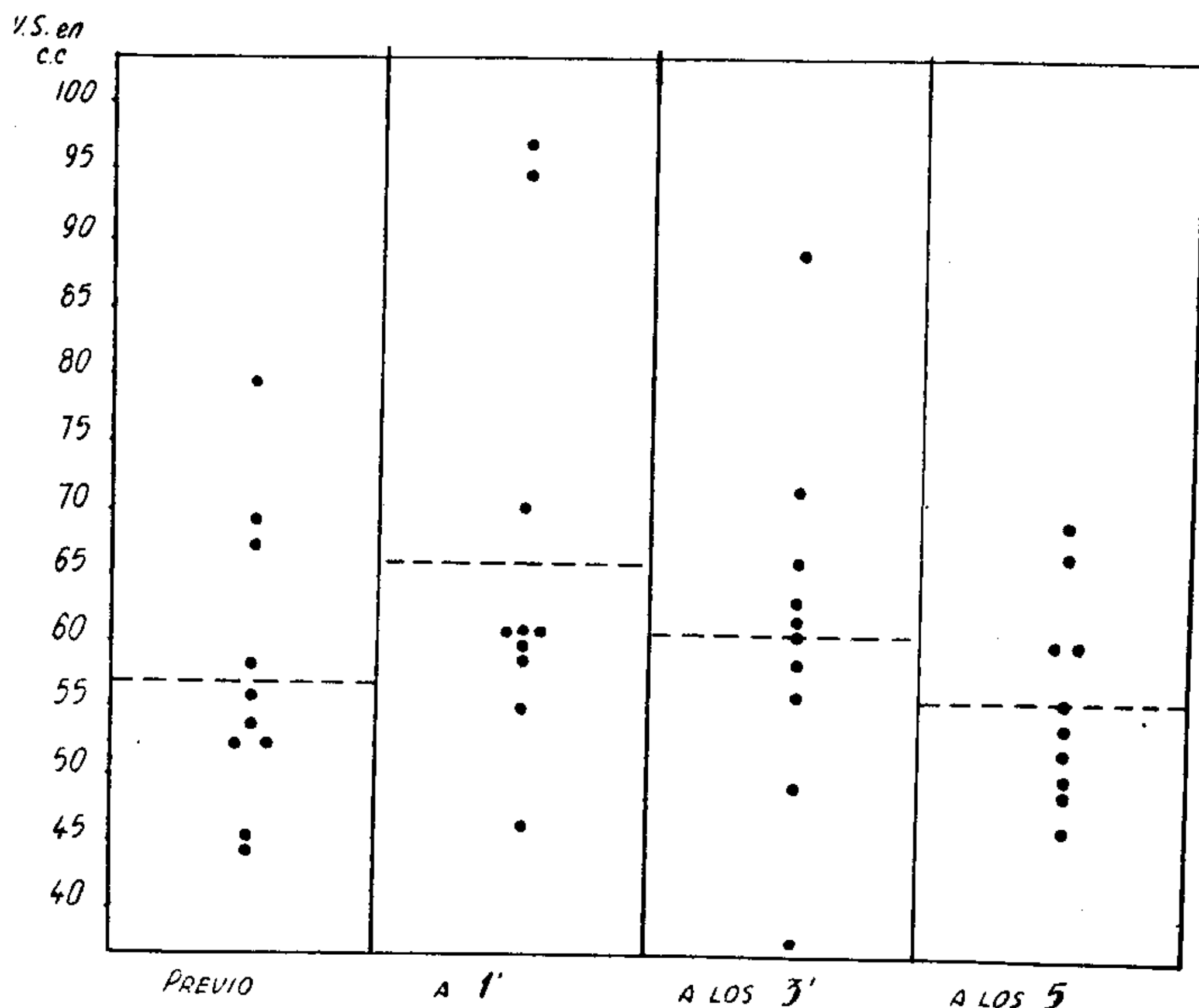


FIG. 2. — Variaciones del volumen sistólico en sujetos sometidos a la prueba de esfuerzo.

Analizando nuestros resultados por comparación con los obtenidos por distintos autores, observamos una aproximación aceptable para las cifras normales consideradas en este trabajo. En términos generales, el valor promedio del volumen sistólico determinado por nosotros fué de 57 cm.³; el volumen minuto promedio fué de 4.3 lts. y el promedio del índice cardíaco de 2.5 lts./m.². Suárez utilizando el método del acetileno encuentra un volumen sistólico promedio de 61 cm.³, volumen minuto de 3.8 lts., y un índice cardíaco de 2.2 lts./m.² en sujetos normales. Grollman⁸ (1929) utilizando el método del acetileno también en sujetos normales, determina las cifras siguientes: Volumen sistólico 70 cm.³, volumen minuto 4.6 lts., índice cardíaco 2.2 lts./m.². Cournand y col.⁹ (1945) hicieron determinaciones con el método directo de Fick, y concluyen que el valor

normal del volumen sistólico promedio es de 84 cm.³, y el del índice cardíaco 3.1 lts./m.².

Las variaciones fisiológicas del volumen sistólico señaladas por otros autores concuerdan con nuestros hallazgos personales. Suárez¹⁰ calcula los promedios de la casuística de normales de Grollman (1929), encontrando un ligero aumento del índice cardíaco en las mujeres con respecto a los hombres. En 1950, Suárez llega a los mismos resultados, si bien considera que el número de casos por él estudiado es insuficiente para llegar a conclusiones definitivas. Nuestros promedios demuestran que el índice cardíaco de la mujer es ligeramente superior al del hombre.

Respecto a las diferentes posiciones corporales, Grollman¹¹ (1928), Schellong (1934), y Goldbloom y col.¹³ (1940) señalaron que el volumen minuto no se modificaba con los cambios de posición. Sin embargo, McMichael¹⁴ (1937), y Asmussen y col.^{15, 16, 17} (1939-40-42) observaron que el volumen minuto disminuía de un 10 % a un 30 % en posición sentada y de pie, con respecto a la posición horizontal. Por nuestra parte no hemos encontrado diferencias significativas ya que las variaciones posicionales no sobrepasan el 5 % de los valores hallados en posición acostada.

Lewis¹⁹ en 1938, utilizando el método del acetileno, encuentra una ligera disminución del índice cardíaco a medida que avanza la edad de los sujetos estudiados: Aperia (1938) con la misma técnica, llega a conclusiones similares y Cournand (1945), empleando el método de Fick directo por sondeo, confirma los hallazgos anteriores, respecto de la edad. Nuestros resultados muestran una clara disminución del volumen sistólico, volumen minuto e índice cardíaco a medida que avanza la edad de los sujetos en estudio.

El análisis final de los datos considerados, nos permite afirmar que la fórmula descrita por Starr (1954) es de utilidad práctica para la determinación aproximada del volumen sistólico y, por lo tanto, del volumen minuto y del índice cardíaco. Sin embargo, debemos señalar que la técnica utilizada en la determinación de la presión arterial ha de ser rigurosa, siendo también imprescindible la exacta calibración de los aparatos utilizados.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

1º) En 80 sujetos normales se determina el volumen sistólico con la fórmula de Starr, deduciéndose el volumen minuto y el

índice cardíaco, en distintas posiciones y después de realizada la prueba de esfuerzo.

2º) Se analizan los resultados obtenidos con relación al sexo y a las distintas posiciones corporales de los sujetos estudiados, no encontrándose diferencias significativas entre ambos sexos, ni con los cambios de posición.

3º) Se observa una disminución paulatina de los valores promedio calculados por lustros de edad, tanto en lo que se refiere al volumen sistólico, como al volumen minuto y al índice cardíaco.

4º) Correlacionando las cifras encontradas, con las determinadas por otros autores que han utilizado métodos instrumentales, se advierte una aproximación satisfactoria, particularmente en lo que al índice cardíaco se refiere.

5º) De los hechos expuestos se deduce que el cálculo del volumen sistólico con la fórmula de Starr, constituye un método útil para la apreciación aproximada de dicho valor en los sujetos normales.

BIBLIOGRAFIA

1. *Erlanger, J. y Hooker, D. R.* — An experimental study of blood pressure and of pulse pressure in man. *Johns Hopk. Hosp. Rep.*, 1904, 12, 145.
2. *Von Recklinghausen, H.* — *Arch. Exp. Path. Pharmak*, 1906, 55, 375 (citado por Suárez: loc. cit.).
3. *Strassburger, J.* — *Dtsch. Arch. Klin. Med.*, 1907, 91, 378 (citado por Suárez: loc. cit.).
4. *Hoppfner, C.* — *Dtsch. Arch. Klin. Med.*, 1907, 91, 483 (citado por Suárez: loc. cit.).
5. *Liljestrand, J. y Zander, E.* — *Z. ges. exp. Med.*, 1928, 59, 105 (citado por Suárez: loc. cit.).
6. *Starr, I., Schnabel, T. G., Askowitz, S. I. y Schild, A.* — Studies made by simulating systole at necropsy. IV: On the relation between pulse pressure and cardiac stroke volume. Leading to a clinical method of estimating cardiac output from blood pressure and age. *Circulation*, 1954, 9, 648.
7. *Starr, I.* — Clinical test of the simple method of estimating stroke volume from blood pressure and age. *Circulation*, 1954, 9, 664.
8. *Grollman, A.* — Physiological variations of the cardiac output in man. IV: The value of the cardiac output of normal individuals in the basal resting conditions. *Am. J. Phys.*, 1929, 90, 210.
9. *Cournand, A., Riley, R. L., Breed, E. S., Baldwin, E. D. y Richards, D. W.* — Measurement of cardiac output in man using the technique of catheterization of the right auricle or ventricle. *J. Clin. Invest.*, 1945, 24, 106.
10. *Suárez, J. R. E.* — El volumen minuto cardíaco. Buenos Aires, 1950. Ed. El Ateneo.

FÓRMULA DE STARR Y VOLUMEN SISTÓLICO

11. *Grollman, A.* — The effect of variations in posture on the output of the human heart. *Am. J. Physiol.*, 1928, 86, 432.
12. *Schellong, F.* — *Z. ges. exp. Med.*, 1934, 93, 545. (Citado por Suárez: loc. cit.).
13. *Goldbloom, A. A., Kramer, M. L. y Lieberman, A.* — Clinical studies in circulatory adjustments. IV: Physiologic relation between posture and cardiac output. *Arch. Intern. Med.*, 1940, 65, 178.
14. *McMichael, J.* — Postural changes in cardiac output and respiration in man. *Quart. J. Exp. Phys.*, 1937, 27, 55.
15. *Asmussen, E., Christensen, E. H. y Nielsen, M.* — The regulation of circulation in different postures. *Surgery*, 1940, 8, 604.
16. *Asmussen, E., Christensen, E. H. y Nielsen, M.* — *Skand. Arch. Physiol.*, 1939, 81, 214 (citado por Suárez: loc. cit.).
17. *Asmussen, E. y Knudsen, E. O. E.* — On the significance of the chemo sensible and pressosensible reflexes in the regulation of cardiac output in man, 1942, 3, 152.
18. *Aperia, A.* — *Acta Med. Skand.*, 1938, 89, 214 (citado por Suárez: loc. cit.).
19. *Lewis, W. H.* — Changes with age in the cardiac output in adult man. *Am. J. Physiol.*, 1938, 121, 517.

R E S U M E

Dans 80 personnes normales on calcula, en utilisant la formule de Starr, le volume systolique, le volume minute et l'index cardiaque, en différentes positions et après l'effort, ne trouvant aucune différence significative entre les deux sexes, ni avec les changements de position. Par contre on observa une diminution graduelle des valeurs moyennes, calculées par lustres d'âge.

La corelation de ces déterminations avec celles d'autres auteurs qui ont utilisé des méthodes instrumentales, montra un rapprochement satisfaisant, surtout en ce qui concerne l'index cardiaque. La formule de Starr est donc, une méthode utile pour faire un calcul assez proche du volume systolique dans les personnes normales.

SUMMARY

In 80 normal individuals the systolic output, the cardiac output as well as the cardiac index were calculated according to Starr's formula. The effect of positional changes and of exercise were ascertained. No significant differences were found in relation to sex or with positional changes. A gradual decrease was found in the mean values in relation with increasing age.

These determinations correlated well with those found instrumentally by other authors, thus demonstrating that Starr's formula is useful for determining approximately systolic output in normal individuals.

ZUSAMMENFASSUNG

Bei 80 normalen Personen wurden mit Anwendung der Starr'schen Formel das systolische Volumen, das Minutenvolumen und der Herzindex in verschiede-

nen Körperlagen und nach Anstrengungen gemessen und keine nennenswerten Unterschiede zwischen beiden Geschlechtern oder nach Lagewechsel gefunden. Hingegen beobachtete man eine allmähliche Verminderung der errechneten Durchschnittswerte in Beziehung zu Lustren des Alters.

Der Vergleich dieser Bestimmungen mit denen anderer Autoren, die bei ihren Methoden Instrumente benützten, zeigt eine zufriedenstellende Annäherung, besonders in Bezug auf den Herzindex. Die Starr'sche Formel stellt daher eine brauchbare Methode zur annähernden Berechnung des systolischen Volumens bei normalen Personen dar.