

# Duración de las fases del ciclo cardíaco en hipertensos

POR LOS DOCTORES

E. BRAUN MENÉNDEZ y O. ORÍAS \*

El estudio de los flebogramas obtenidos en enfermos con ritmo de galope nos hizo presumir que algunas de las fases del ciclo cardíaco, especialmente de la diástole, pudieran presentar modificaciones en su duración, con respecto a lo normal, vinculadas al estado de hipertensión arterial. Con el objeto de comprobar estas presunciones se procedió a estudiar sistemáticamente la duración de dichas fases en veinte y seis (26) pacientes cuya presión arterial máxima, según el método auscultatorio, oscilaba entre 160 y 250 mm. de Hg. Los enfermos se encontraban en estado de buena compensación circulatoria. En algunos se percibía y se inscribía un ruido auricular más o menos neto.

Basándose en el análisis de los trazados ópticos de las variaciones de presión recogidos desde las diversas cavidades cardíacas y arterias vecinas al corazón, así como en los trazados de las variaciones del volumen cardíaco y de las venas, Wiggers (1921) ha podido puntualizar la existencia de las siguientes fases de la actividad cardíaca: a) sístole auricular o presístole, b) período isométrico sistólico, c) fase de expulsión máxima, d) fase de expulsión reducida, e) fase protodiastólica, f) fase isométrica diastólica, g), lleno ventricular rápido, h) lleno ventricular lento o diástasis.

En el hombre es posible reconocer cada una de estas fases y determinar su duración con una aproximación satisfactoria (Burstein, 1923). El pulso venoso central registrado ópticamente de acuerdo con el método de Frank permite reconocer la mayoría de

---

(\*) Del Instituto de Fisiología de la Facultad de Ciencias Médicas de Buenos Aires y del Instituto de Fisiología de la Facultad de Ciencias Médicas de Córdoba.

dichas fases, y en especial las de la diástole. Si se registra simultáneamente los pulsos arterial central y venoso central, ambos trazados se complementan y hacen posible la determinación de todas las fases mencionadas.

## PROCEDIMIENTO

La duración de las fases se ha determinado analizando el flebograma ópticamente registrado en los enfermos con hipertensión arterial. Para obtener mayores puntos de referencia y facilitar la puntualización precisa de las fases se hacía al mismo tiempo el registro de los ruidos cardíacos, y, en algunos casos, aún del electrocardiograma. Para obtener datos fidedignos el flebograma fué registrado lo más bajo posible y las determinaciones se hicieron sólo en aquellos casos en que ondas bien definidas permitían una individualización segura de los diversos accidentes.

Con los métodos empleados hemos podido determinar precisamente: 1) la duración de la sístole auricular, 2) la duración de la sístole ventricular en la que podía determinarse el período isométrico sistólico y la fase total de expulsión, 3) la duración de la diástole total y de sus fases de relajación isométrica, de lleno ventricular rápido y de lleno lento. La única fase de la diástole que no se pudo determinar con este procedimiento fué la protodiastólica. Esta fase, cuya duración es muy corta y prácticamente constante (0.04 seg.) ha quedado incorporada a la fase de expulsión en las cifras que aquí se expresan. Tampoco hemos analizado expresamente la duración de la sístole auricular, que ha quedado incorporada a la fase de lleno lento o diástasis.

Como término de comparación hemos tomado la duración de las fases, determinadas en igual forma, en treinta adultos jóvenes, de 20 a 25 años de edad, con presión arterial normal y en excelentes condiciones de salud.

La duración de las distintas fases, aún en condiciones normales, es muy variable, de modo que un simple término medio no da una idea exacta de la misma, ni permite una comparación inobjetable cuando se confrontan grupos sometidos a condiciones diferentes. Para que la comparación tenga valor y las diferencias cobren significación precisa es indispensable recurrir a los métodos estadísticos.

## RESULTADOS Y COMENTARIOS

Los cuadros adjuntos muestran los datos encontrados tanto en las personas sanas (cuadro 1) como en los enfermos con hipertensión arterial (cuadro 2). El cuadro 3 muestra el cotejo de los términos medios de las duraciones encontradas en uno y otro grupo

y muestra si las diferencias son o no significativas de acuerdo con la magnitud de su error probable.

La figura 1 muestra un esquema que traduce gráficamente las variaciones encontradas y permite apreciar rápidamente las diferencias. Los flebogranas allí dibujados han sido construidos teniendo en cuenta los términos medios de las duraciones de las dis-

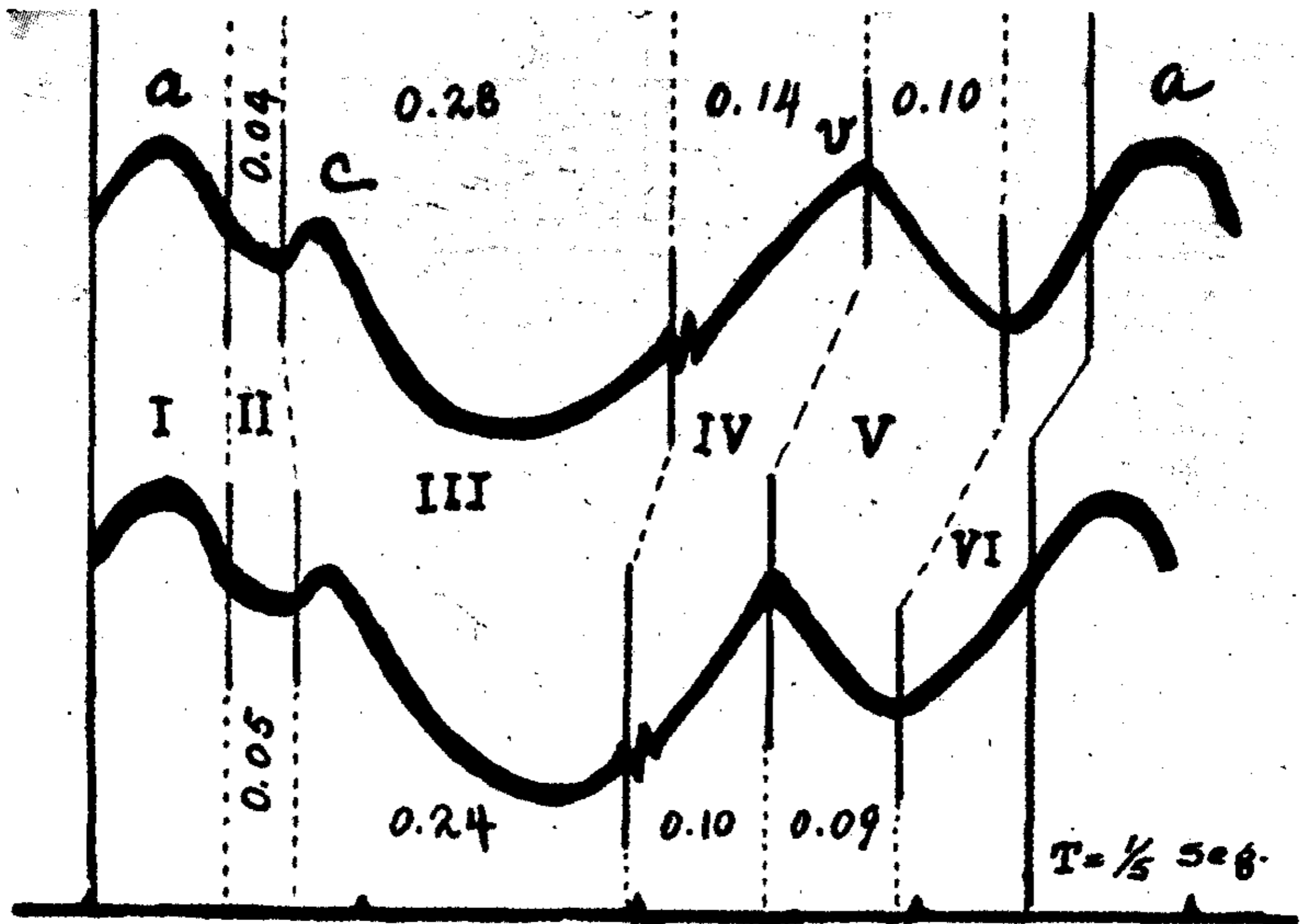


FIGURA 1

Esquema demostrativo de las diferencias que presenta la duración de las fases del ciclo cardíaco en los hipertensos y normales. Trazado superior: flebograma dibujado de acuerdo con las cifras medias encontradas en los hipertensos. Trazado inferior: flebograma dibujado de acuerdo con las cifras medias encontradas en las personas sanas. I, presistole; II, fase isométrica sistólica; III, fase de expulsión (incluyendo la brevisima fase protodiastólica); IV, fase isométrica diastólica; V, fase de lleno rápido; VI, fase de lleno lento.

tintas fases. El superior corresponde a lo que sería el flebograma "medio" en los hipertensos y el inferior corresponde al flebograma "medio" en los sujetos normales estudiados.

Del análisis de las cifras resulta que la frecuencia media fue un poco mayor en los normales (5 latidos  $\pm$  2.58) que en los hipertensos. El ciclo, por consiguiente, fue algo más corto en aquellos, pero ni la diferencia en la frecuencia, ni la diferencia en la du-

CICLO CARDÍACO EN HIPERTENSOS

CUADRO N° 1 - FASES DEL CICLO EN PERSONAS NORMALES

N°	Frecuencia por min.	Ciclo (segundos)	Sístole (segundos)	Isométrico sistólico (segundos)	Expulsión (segundos)	Diástole (segundos)	Isométrico diastólico (segundos)	Lleno ráp. (segundos)	Lleno lento má presístole (segundos)	Relación sistólico ciclo
1	100	0.60	0.30	0.05	0.25	0.30	0.11	0.05	—	0.50
2	117	0.50	0.27	0.03	0.24	0.23	—	—	—	0.54
3	90	0.66	0.25	0.04	0.21	0.41	0.08	0.08	0.25	0.37
4	115	0.52	0.26	0.04	0.22	0.26	0.06	0.08	0.12	0.50
5	84	0.71	0.31	0.03	0.28	0.40	0.08	0.08	0.24	0.43
6	55	1.08	0.37	0.07	0.30	0.71	0.10	0.10	0.50	0.34
7	79	0.75	0.31	0.05	0.26	0.44	0.12	0.12	0.20	0.41
8	92	0.65	0.29	0.06	0.23	0.36	0.10	0.08	0.16	0.44
9	94	0.63	0.28	0.04	0.24	0.35	0.13	0.09	0.13	0.44
10	94	0.63	0.29	0.06	0.23	0.34	0.11	0.11	0.12	0.46
11	71	0.84	0.33	0.06	0.27	0.51	0.08	0.06	0.37	0.39
12	84	0.71	0.31	0.05	0.26	0.40	0.10	0.10	0.20	0.43
13	109	0.55	0.26	0.05	0.21	0.29	0.09	0.05	0.15	0.47
14	94	0.63	0.32	0.07	0.25	0.32	0.10	0.05	0.17	0.52
15	102	0.59	0.27	0.06	0.21	0.32	0.09	0.06	0.17	0.45
16	79	0.76	0.34	0.06	0.28	0.42	0.09	0.13	0.20	0.44
17	74	0.80	0.35	0.08	0.27	0.45	0.10	0.11	0.24	0.43
18	81	0.74	0.30	0.06	0.24	0.44	0.07	0.12	0.25	0.40
19	78	0.76	0.30	0.06	0.24	0.46	0.15	0.08	0.23	0.39
20	86	0.70	0.30	0.04	0.26	0.40	0.12	0.08	0.20	0.42
21	107	0.56	0.27	0.07	0.20	0.29	0.08	0.06	0.15	0.48
22	84	0.71	0.32	0.06	0.26	0.39	0.07	0.11	0.22	0.45
23	83	0.72	0.27	0.06	0.21	0.45	0.15	0.15	0.15	0.37
24	77	0.77	0.30	0.06	0.24	0.47	0.12	0.09	0.26	0.37
25	88	0.68	0.28	0.06	0.22	0.40	0.09	0.11	0.21	0.41
26	72	0.84	0.32	0.09	0.23	0.52	0.12	0.15	0.25	0.37
27	89	0.67	0.27	0.06	0.21	0.40	0.10	0.12	0.18	0.40
28	89	0.67	0.27	0.05	0.22	0.40	0.12	0.09	0.19	0.40
29	92	0.65	0.28	0.05	0.23	0.37	0.15	0.06	0.16	0.43
30	82	0.73	0.30	0.05	0.25	0.43	0.07	0.09	0.27	0.41
T. M.	88	0.68	0.29	0.05	0.24	0.39	0.10	0.09	0.21	0.42
σ	± 13	± 0.11	± 0.02	± 0.012	± 0.024	± 0.09	± 0.02	± 0.02	± 0.08	± 0.04
E. P.	± 8	± 0.07	± 0.013	± 0.008	± 0.016	± 0.06	± 0.013	± 0.013	± 0.05	± 0.026
E. P. T. M.	± 2	± 0.013	± 0.003	± 0.001	± 0.002	± 0.010	± 0.002	± 0.002	± 0.010	± 0.004

T.M. = término medio.  
 σ = desviación cuadrática media.  
 E.P. = error probable.  
 E.P.T.M. = error probable del término medio.

ración del ciclo ( $0.04 \pm 0.018$ ), son significativas, puesto que no llegan al triple de su error probable.

Entre las diferencias significativas encontradas llama en seguida la atención el acortamiento del período isométrico sistólico en los hipertensos ( $0.01 \pm 0.002$  segundos menos que en los normales) con alargamiento de la sístole total ( $0.03 \pm 0.005$  segundos más larga que en los normales). Como consecuencia los hipertensos muestran un período expulsivo prolongado ( $0.04 \pm 0.008$  segundos más que los normales).

El acortamiento de la fase de contracción isométrica es tanto más notable en los hipertensos, cuanto que esta fase es una de las más constantes en las más variadas circunstancias circulatorias (Wiggers, 1921) ya que los factores que intervienen para condicionar su duración obran en forma tal que se neutralizan mutuamente. Entre esos factores los principales son: la altura de la presión diastólica en el árbol arterial, y la pendiente del ascenso de presión en el ventrículo izquierdo. Si la presión diastólica arterial es elevada, la presión dentro del ventrículo debe alcanzar una altura mayor antes de abrir las válvulas, y, por consiguiente, podría esperarse una prolongación de la fase isométrica sistólica; pero en las condiciones habituales, a una presión diastólica arterial alta, corresponde una tensión inicial mayor dentro del ventrículo. Esta mayor tensión inicial intraventricular origina a su vez una pendiente más abrupta para el ascenso de la presión intraventricular (Ley del corazón de Starling) y como resultado de ésto el período de contracción isométrica queda prácticamente igual en su duración.

El hecho de que en los hipertensos hayamos encontrado un período isométrico sistólico netamente más corto que en los individuos normales indica que la brusquedad del acceso de presión intraventricular sobrepasa y compensa con exceso el retardo que podría esperarse por la presión diastólica arterial elevada. Este acortamiento de la contracción isométrica indica además una acción vigorosa y eficaz por parte del ventrículo, siendo de significación favorable.

La prolongación del período expulsivo debida en parte pero no exclusivamente al acortamiento de la fase isométrica sistólica, habla en favor de una descarga sistólica aumentada y corrobora en los en-

CUADRO N° 2 - FASES DEL CICLO EN LOS HIPERTENSOS

N°	Presión art. mms. Hg.	Frecuencia por min.	Ciclo (segundos)	Sístole (segundos)	Isométrico sistólico (segundos)	Expulsión (segundos)	Diástole (segundos)	Isométrico diastólico (segundos)	Lleno rápido (segundos)	Lleno lento más presístole (segundos)	Relación sístole ciclo
1	170 - 110	96	0.62	0.28	—	—	0.34	0.21	—	—	0.45
2	190 - 100	84	0.71	0.30	—	—	0.41	0.14	0.10	0.17	0.42
3	230 - 130	60	1.00	0.30	—	—	0.70	0.13	0.12	0.45	0.30
4	190 - 110	85	0.70	0.32	—	—	0.38	0.14	0.12	0.12	0.45
5	186 - 94	92	0.65	0.31	—	—	0.34	0.16	—	—	0.47
6	220 - 120	66	0.92	0.38	—	—	0.54	0.20	—	—	0.41
7	194 - 108	72	0.82	0.32	—	—	0.50	0.12	0.10	—	0.39
8	250 - 140	89	0.67	0.30	—	—	0.37	0.15	0.05	0.17	0.44
9	210 - 140	96	0.56	0.26	—	—	0.30	0.12	0.08	0.10	0.46
10	196 - 90	65	0.92	0.40	—	—	0.52	0.11	0.16	0.25	0.43
11	160 - 80	95	0.63	0.30	0.04	0.26	0.33	0.12	0.12	0.09	0.47
12	204 - 60	74	0.81	0.36	0.03	0.33	0.45	0.12	0.07	0.26	0.44
13	240 - 140	80	0.74	0.36	0.06	0.30	0.37	0.12	0.15	0.10	0.48
14	180 - 110	100	0.60	0.28	0.03	0.25	0.32	0.15	—	—	0.46
15	182 - 105	78	0.78	0.34	0.04	0.30	0.44	0.12	0.13	0.19	0.42
16	230 - 120	74	0.81	0.36	0.03	0.33	0.45	0.15	0.09	0.21	0.44
17	190 - 100	66	0.90	0.33	0.05	0.28	0.57	0.18	0.12	0.27	0.36
18	210 - 118	107	0.56	0.32	0.06	0.26	0.24	0.11	0.08	0.05	0.57
19	184 - 92	95	0.63	0.33	0.04	0.29	0.30	—	—	—	0.52
20	190 - 120	95	0.63	0.28	0.05	0.23	0.35	0.13	0.07	0.15	0.44
21	190 - 120	95	0.64	0.28	—	—	0.36	0.16	0.06	0.14	0.43
22	210 - 123	78	0.76	0.32	—	—	0.44	0.14	0.11	0.19	0.42
23	195 - 100	80	0.75	0.33	0.03	0.30	0.42	0.11	0.06	0.25	0.44
24	240 - 130	75	0.80	0.33	0.06	0.27	0.47	0.15	—	—	0.41
25	220 - 110	83	0.72	0.34	0.04	0.30	0.38	0.15	0.10	0.13	0.47
26	200 - 110	86	0.69	0.30	0.05	0.25	0.39	0.12	0.10	0.17	0.43
T.M.	—	83	0.72	0.32	0.04	0.28	0.41	0.14	0.10	0.18	0.44
σ	—	± 12.2	± 0.11	± 0.03	± 0.01	± 0.03	± 0.09	± 0.024	± 0.013	± 0.08	± 0.05
E.P.	—	± 8.2	± 0.07	± 0.02	± 0.006	± 0.02	± 0.06	± 0.016	± 0.02	± 0.05	± 0.03
E.P.T.M.	—	± 1.64	± 0.013	± 0.004	± 0.002	± 0.008	± 0.018	± 0.005	± 0.007	± 0.013	± 0.006

T.M.            || término medio.  
σ                || desviación cuadrática media.  
E.P.            || error probable.  
E.P.T.M.       || error probable del término medio.

fermos con hipertensión los hallazgos experimentales de Wiggers (1921 b), quien encontró aumentada la duración de la contracción en animales en los que se provocaba un aumento de la presión arterial.

Del análisis de las cifras encontradas no ha sido posible encontrar una correlación definida entre el grado de la hipertensión y el acortamiento de la contracción isométrica o entre aquél y la prolongación del período expulsivo.

La duración de la diástole total no ha variado en forma significativa en los hipertensos con respecto a la de las personas normales. De las distintas fases que la constituyen, la fase de relajación isométrica o fase isométrica diastólica es la única que presenta diferencias significativas en los hipertensos con respecto a los normales. Mientras en aquéllos la relajación isométrica ha durado  $0.14 \pm 0.005$  segundos por término medio, en los normales dicha duración media ha sido de  $0.10 \pm 0.002$  segundos. La diferencia,  $0.04 \pm 0.005$  segundos, es ampliamente significativa. Esto significa que en los hipertensos transcurre mayor tiempo que en las personas sanas entre el momento en que se cierran las válvulas sigmoideas y el instante en que se abren las válvulas aurículoventriculares.

¿Cuál es la significación exacta de esta prolongación? Es ésta una pregunta de respuesta difícil. 1º La explicación más simple y que se presenta como muy verosímil es la de que hay un cierre anticipado de las sigmoideas debido a la hipertensión arterial, y una abertura retardada de las válvulas aurículoventriculares originada por la mayor presión diastólica ventricular. 2º Podría haber una relajación miocárdica más lenta en los hipertensos (condicionada quizás por el espesamiento de las paredes debido a la hipertrofia). De estos dos mecanismos nos inclinamos a considerar al primero como el más probable.

Tampoco en este caso del período de relajación isométrica se ha podido hallar una correlación definida con el grado de hipertensión. Esto no es de extrañar en una serie no muy numerosa como la nuestra, no tan reducida, sin embargo, como para no considerar como válidas las deducciones que nos ha permitido la aplicación de los cálculos estadísticos.

Hay otra consideración importante que fluye de los resultados aquí consignados. Si se tiene presente que el pulso yugular re-

## CUADRO N° 3

COTEJO DE LOS TERMINOS MEDIOS DE LAS FASES EN NORMALES Y EN HIPERTENSOS

Duraciones investigadas	Normales (segundos)	Hipertensos (segundos)	Diferencia (segundos)	Significación
Ciclo	0.68 ± 0.013	0.72 ± 0.013	0.04 ± 0.018	no
Frecuencia (per minuto)	88 ± 2	83 ± 1.64	5 ± 2.58	no
Sístole total (con protodiástole)	0.29 ± 0.003	0.32 ± 0.004	0.03 ± 0.005	sí
Fase isométrica sistólica	0.05 ± 0.001	0.04 ± 0.002	0.01 ± 0.002	sí
Fase de expulsión	0.24 ± 0.002	0.28 ± 0.008	0.04 ± 0.008	sí
Diástole total (sin protodiástole)	0.39 ± 0.010	0.41 ± 0.018	0.02 ± 0.02	no
Fase isométrica diastólica	0.10 ± 0.002	0.14 ± 0.005	0.04 ± 0.005	sí
... de lleno rápido	0.09 ± 0.002	0.10 ± 0.007	0.01 ± 0.007	no
... de lleno lento más presístole	0.21 ± 0.010	0.18 ± 0.013	0.03 ± 0.016	no
Relación sístole ciclo	0.42 ± 0.004	0.44 ± 0.006	0.02 ± 0.007	no



fleja variaciones que ocurren en el corazón derecho, y si nuestras interpretaciones son correctas, cabe inferir que la hipertensión no se limita al circuito general, sino que también afecta a la circulación pulmonar. Esta consideración es especialmente válida en lo que se refiere al alargamiento de la fase isométrica diastólica. Katz y Wiggers (1927) provocando hipertensión en el circuito general por compresión de la aorta, no encontraron alteraciones de la presión pulmonar en perros.

El término medio de duración de la fase de diástasis (incluyendo la presístole) ha sido menor en los hipertensos ( $- 0.03 \pm 0.016$ ) pero dicha diferencia no es significativa desde el punto de vista estadístico.

Tampoco se han encontrado diferencias significativas en lo que se refiere a la relación  $\frac{\text{sístole}}{\text{ciclo}}$  en los hipertensos con respecto a los normales; es cierto que dicha relación es algo mayor en los hipertensos, tal como podía esperarse por la mayor duración de la sístole.

### CONCLUSIONES

En los hipertensos existen diferencias significativas en la duración de las fases del ciclo cardíaco con respecto a los individuos normales.

La sístole total se encuentra prolongada, especialmente a expensas de la fase de expulsión ( $+ 0.03 \pm 0.005$ ), mientras que la fase de contracción isométrica se encuentra reducida ( $0.04 \pm 0.002$  en lugar de  $0.05 \pm 0.001$ ). Esta última diferencia ( $0.01 \pm 0.002$  segundos) es significativa.

De las fases de la diástole, la única que presenta variaciones significativas, con respecto a lo normal, es la fase de relajación isométrica ( $0.04 \pm 0.005$  en lugar de  $0.10 \pm 0.002$  segundos). La diferencia ( $0.04 \pm 0.005$  segundos) es significativa.

### BIBLIOGRAFÍA

- BURSTEIN (1923): Amer. Journ. Physiol., LXV, 158.  
 KATZ y WIGGERS (1927): Ibid., LXXXII, 91.  
 WIGGERS (1921 a): Ibid., LVI, 415.  
 WIGGERS (1921 b): Ibid., LVI, 439.

## CONCLUSIONS

Chez les individus atteints d'hypertension artérielle, on a constaté des différences significatives, dans la durée des phases du cycle cardiaque, en rapport avec les individus normaux.

La systole totale se trouve prolongée, spécialement aux dépens de la phase d'expulsion ( $+ 0.03 \pm 0.005$ ) tandis que la phase de contraction isométrique se trouve réduite ( $0.04 \pm 0.002$ , au lieu de  $0.05 \pm 0.001$ ). Cette dernière différence ( $0.01 \pm 0.002$  secondes) est significative. Des phases de la diastole, la seule qui présente des variations significatives, en rapport du normal, est la phase de relâchement isométrique ( $0.14 \pm 0.005$  au lieu de  $0.10 \pm 0.002$  secondes). La différence ( $0.04 \pm 0.005$  secondes) est significative.

## SUMMARY AND CONCLUSIONS

The duration of the cardiac phases was determined from the venous pulse recorded in 26 patients with arterial hypertension and in 30 normal persons.

The duration of the phases of the cardiac cycle in patients with arterial hypertension showed significant differences as compared with that of the normal individuals.

Total systole is prolonged, specially at the expense of the ejection phase ( $+ 0.03 \pm 0.005$  seconds), whereas the isometric contraction is reduced ( $0.04 \pm 0.002$  instead of  $0.05 \pm 0.001$  seconds).

Of the diastolic phases, the only one which showed significant variations as compared with normal individuals, was the isometric relaxation which was definitely prolonged ( $0.14 \pm 0.005$  instead of  $0.10 \pm 0.002$  seconds). The difference ( $0.04 \pm 0.005$  seconds) is significant.

## SCHLUSSFOLGERUNGEN

Bei Patienten mit erhöhtem Blutdruck bestehen bemerkenswerte Differenzen in der Dauer der Phasen des Zyklus cardiale in Beziehung mit normalen Individuen. Die totale Systole ist verlängert, besonders auf seiten der Austreibungszeit ( $+ 0.03 \pm 0.005$ ), während die Anspannungszeit verkürzt erscheint ( $0.04 \pm 0.002$ , statt  $0.05 \pm 0.001$ ). Diese letzte Differenz ist bedeutungsvoll.

Von den Phasen der Diastole ist die einzige die bemerkenswerte Abweichungen von dem Normalen zeigt, die Entspannungszeit ( $0.14 \pm 0.005$  statt  $0.10 \pm 0.002$  Sekunden). Die Differenz ( $0.04 \pm 0.005$  Sekunden) hat Bedeutung.