

Cátedra de Fisiología de la Facultad de Medicina
Instituto Español de Fisiología (C.S.I.C.) - Madrid
(Director: Prof. J. M.ª de Corral)

El asincronismo ventricular

por

J. Calderón-Montero, V. Hernández-Asch y J. Márquez-Blasco

(Recibido para publicar el 26 de septiembre de 1957)

El problema de la simultaneidad o, por el contrario, del asincronismo de los ventrículos, ha sido estudiado por diversos autores. Unos, como FAUCONNIER (4), STASSEN (10), EP-PINGER y ROTHBERGER (3) y KATZ (6), lo hicieron experimentalmente; otros, como SAMET (9), LUISADA (7), KOSSMÁN y GOLDBERG (8) y COURNAND (2), lo hicieron desde el punto de vista clínico. Los resultados obtenidos han sido muy dispares; para unos, la contracción ventricular izquierda precede a la derecha; para otros, sería al contrario, y algún autor afirma que no existe regla fija.

En vista de estas divergencias de criterio, nos pareció de interés estudiar de nuevo el problema, introduciendo dos modificaciones técnicas que, a nuestro juicio, son indispensables para poder valorar correctamente el comienzo de la contracción ventricular: tomar como punto de referencia común el comienzo de la activación auricular en una derivación intra-auricular derecha y hacer variar la frecuencia cardíaca.

Material y método

Se utilizaron 12 perros de 8 a 24 kilogramos de peso, anestesiados con Somnilefa intravenosa. Se abrió el tórax por

toracotomía media, previa intubación y respiración artificial. Se registró el electrocardiograma intraauricular derecho mediante un electrodo análogo al empleado por nosotros en otras ocasiones. El electrodo se introdujo por la yugular externa del lado izquierdo hasta unos 2 cm. por debajo de la desembocadura de la cava superior. En muchos experimentos se recogió simultáneamente un trazado electrocardiográfico del epicardio del ventrículo correspondiente, con la técnica descrita en otro lugar.

Para el registro de la contracción ventricular se determinaron las presiones intracavitarias mediante un electromanómetro «Elema» conectado con la cavidad ventricular correspondiente mediante un catéter de Cournand del núm. 8. Para el ventrículo derecho se introdujo éste por la yugular externa derecha y para el izquierdo por la carótida izquierda. Se utilizó un electrocardiógrafo «Triplex» de 4 canales, e inscripción fotográfica. La velocidad del papel fué de 100 milímetros por segundo.

Las variaciones de frecuencia cardíaca se consiguieron por excitación bipolar del cabo periférico del vago derecho mediante un estimulador electrónico. Los estímulos se ajustaron en intensidad, frecuencia y duración, en forma que la frecuencia cardíaca variase en cada caso, en la forma deseada.

En tres de los perros se registró la presión sólo en el ventrículo izquierdo y en tres sólo en el derecho. En los otros seis se registraron alternativamente las presiones en los dos ventrículos.

En cada registro se midió el intervalo entre el comienzo de la onda P del electrocardiograma intracavitario y el comienzo de la rama ascendente de la contracción ventricular (figura 1). Se tomó la media de cinco medidas como mínimo y se desecharon aquellas gráficas en las que el comienzo de la curva de presión no se delimitaba claramente.

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis estadístico (5).

Resultados

En los seis perros en que se hizo el registro de ambos ventrículos, hallamos que el intervalo P-comienzo de la contracción ventricular (P-C) era siempre mayor en el ventrículo izquierdo que en el derecho, haciéndose más pequeña la diferencia a medida que la frecuencia aumentaba (figs. 2, 3, 4, 5, 6 y 7).

También hemos estudiado en conjunto los datos de los 115 registros recogidos en la totalidad de nuestros perros (61 del ventrículo derecho y 54 del ventrículo izquierdo), datos que se exponen en las tablas I y II. Vemos que el máximo

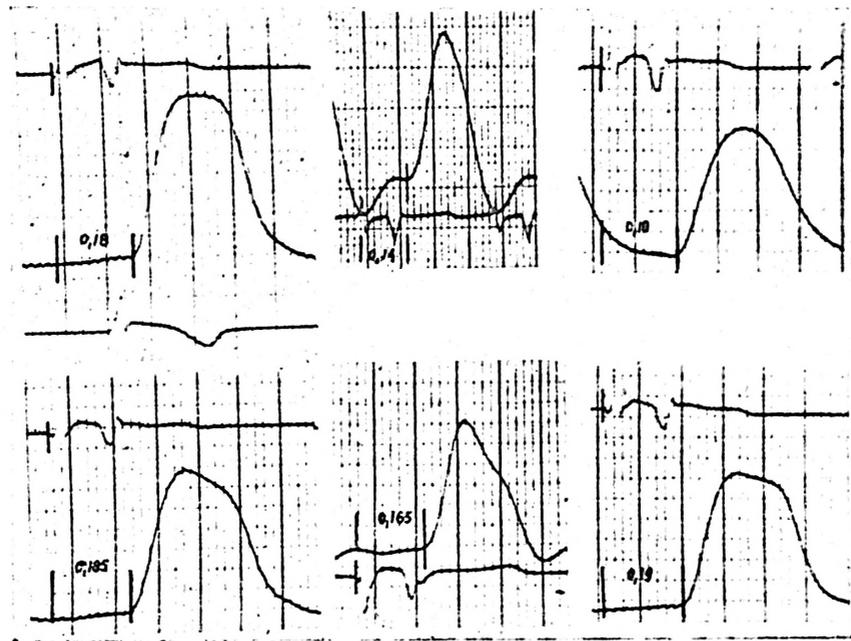


Fig. 1. — Medida del intervalo P, contracción

intervalo P-C para el ventrículo derecho fué de 0,178 segundos y el mínimo de 0,098 con media de 0,143 y un σ_y de 0,016. En el ventrículo izquierdo encontramos, respectivamente, 0,200 y 0,115 segundos con media de 0,168 y un σ_y de 0,018. La frecuencia cardíaca en nuestros experimentos fué de 110 y 117, respectivamente.

Para este estudio hemos agrupado los datos con arreglo a la frecuencia cardíaca, tomando intervalos de 41 a 50, de 51 a 60, etc. En cada grupo se calculó la media y su σ . Este valor medio de cada grupo se representó gráficamente en un sistema de coordenadas en función de la frecuencia (fig. 8).

Como puede verse en la figura 8 y tablas I y II, en cualquier frecuencia cardíaca el valor medio P-C fué menor para el ventrículo derecho que para el izquierdo, indicando una precesión ventricular derecha, si bien estas diferencias son

mucho más acusadas para frecuencias inferiores a 100 que para las superiores a esta cifra.

El coeficiente de correlación entre frecuencia e intervalo P-C para el ventrículo izquierdo es de $-0,8$ con un σ_r de $0,05$. Para el ventrículo derecho es de $-0,51$ con un σ_r de $0,06$.

TABLA I
Ventriculo derecho

41 a 50	41—0,137	} Mx. 42 My. 0,155 σ_y 0,012	103—0,129	}	
	42—0,162				103—0,160
	43—0,165				105—0,155
51 a 60	57—0,140	} Mx. 58 My. 0,146 σ_y 0,006	107—0,144	} Mx. 107 My. 0,146 σ_y 0,012	
	58—0,143		101 a 110 107—0,156		
	60—0,154		110—0,122		
			110—0,150		
61 a 70	62—0,155	} Mx. 67 My. 0,152 σ_y 0,009	110—0,152	}	
	66—0,143		111—0,157		
	70—0,145		111—0,164		
	70—0,166		111 a 120 115—0,148		
71 a 80	71—0,178	} Mx. 75 My. 0,155 σ_y 0,015	120—0,134	} Mx. 115 My. 0,148 σ_y 0,009	
	75—0,128		120—0,140		
	75—0,164		125—0,162		
	75—0,152		121 a 130 130—0,098		
	75—0,164		130—0,117		
	75—0,168		130—0,130		
	78—0,134				
80—0,153					
81 a 90	81—0,167	} Mx. 85 My. 0,151 σ_y 0,014	135—0,117	} Mx. 137 My. 0,133 σ_y 0,014	
	83—0,150		131 a 140 136—0,130		
	84—0,153		140—0,152		
	85—0,173		141 a 150 143—0,155		
	86—0,163		150—0,137		
	88—0,137				
	88—0,137		150 a 160 155—0,137		
	88—0,143				
90—0,130					
91 a 100	93—0,160	} Mx. 98 My. 0,160 σ_y 0,005	182—0,143	} Mx. 187 My. 0,140 σ_y 0,015	
	100—0,154		187—0,146		
	100—0,155		180 a 190 187—0,157		
	100—0,166		188—0,147		
	100—0,166		190—0,115		

TABLA II
Ventriculo izquierdo

41 a 50	41—0,207	} Mx. 47 My. 0,194 σ_y 0,010	111—0,142	115—0,135	115—0,159	} Mx. 117 My. 0,154 σ_y 0,012			
	48—0,190						117—0,164	120—0,138	120—0,146
	50—0,180						120—0,148	120—0,165	
	50—0,200								
51 a 60	53—0,175	} Mx. 56 My. 0,176 σ_y 0,009	136—0,115	136—0,165	136—0,166	} Mx. 136 My. 0,148 σ_y 0,023			
	55—0,186						146—0,164	150—0,142	150—0,162
	58—0,161						153—0,160	157—0,161	
	60—0,182								
61 a 70	62—0,180	} Mx. 66 My. 0,187 σ_y 0,007	161 a 170	162—0,161		} Mx. 162 My. 0,161			
	65—0,180						171—0,154	173—0,138	176—0,134
	65—0,200						176—0,158	176—0,168	
	68—0,185								
69—0,190	69—0,190	} Mx. 76 My. 0,192 σ_y 0,002	171 a 180	176—0,158	176—0,168	} Mx. 174 My. 0,150 σ_y 0,017			
	75—0,190								
	78—0,195								
71 a 80	80—0,180	} Mx. 85 My. 0,172 σ_y 0,009	191 a 200	196—0,160	196—0,175	} Mx. 197 My. 0,174 σ_y 0,008			
	81—0,180								
	83—0,160								
	84—0,161								
	86—0,165								
	88—0,180								
81 a 90	90—0,180	} Mx. 97 My. 0,174 σ_y 0,008	201 a 210	207—0,162	207—0,171	} Mx. 107 My. 0,163 σ_y 0,014			
	93—0,180								
	96—0,182								
	100—0,160								
91 a 100	100—0,160	} Mx. 107 My. 0,163 σ_y 0,014	211 a 220	217—0,162	217—0,171	} Mx. 107 My. 0,163 σ_y 0,014			
	100—0,175								
101 a 110	107—0,162	} Mx. 107 My. 0,163 σ_y 0,014	221 a 230	227—0,162	227—0,171	} Mx. 107 My. 0,163 σ_y 0,014			
	107—0,171								
	107—0,172								
	107—0,175								
110—0,135	110—0,135	} Mx. 107 My. 0,163 σ_y 0,014	231 a 240	237—0,162	237—0,171	} Mx. 107 My. 0,163 σ_y 0,014			

La diferencia entre las medias es de 0,025. El error «standard» de la media es de 0,003.

En ambas series se determinó el coeficiente de regresión que es de 0,00062 para el ventrículo izquierdo y, de 0,00035

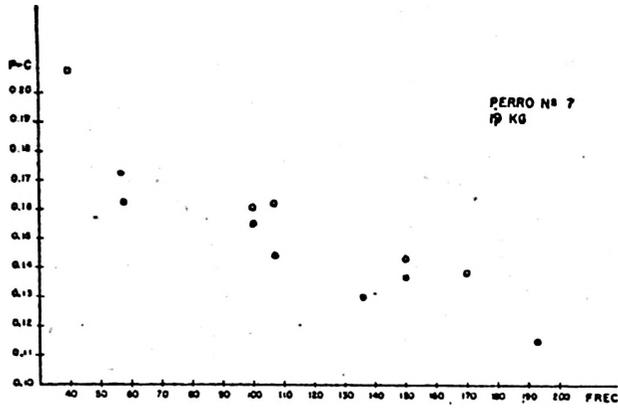


Fig. 2

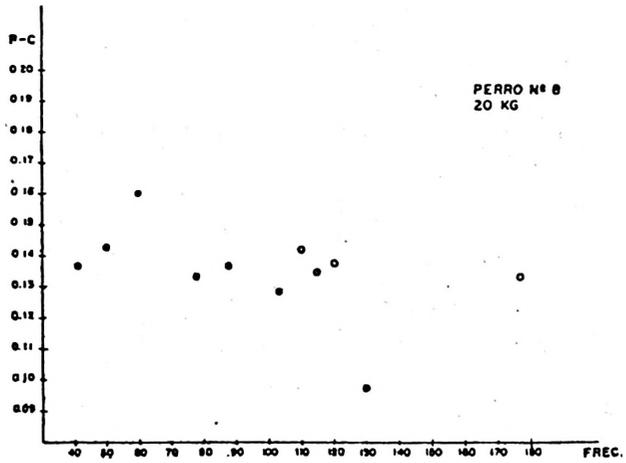


Fig. 3

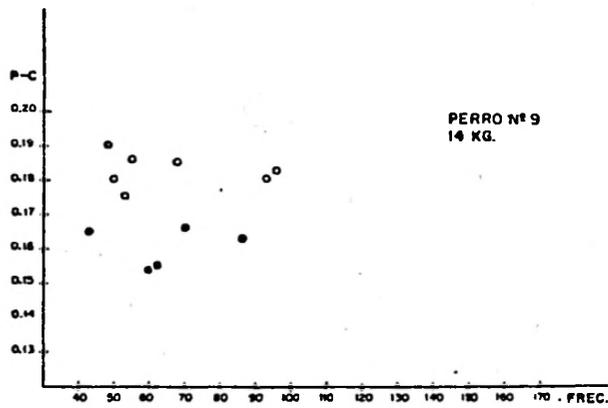


Fig. 4

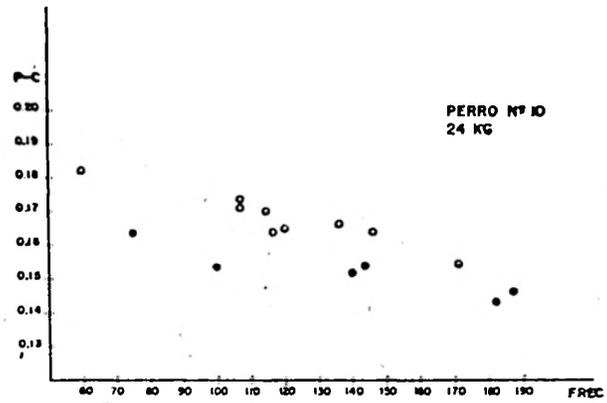


Fig. 5

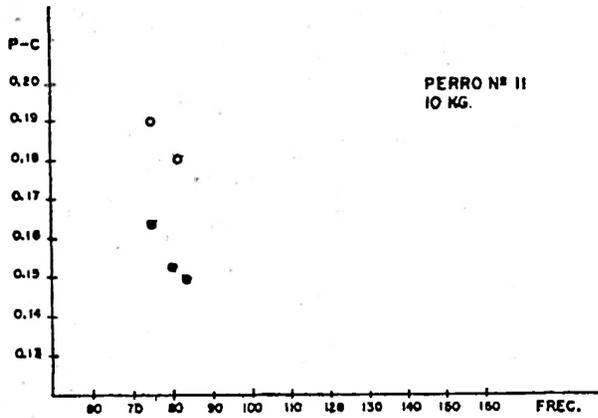


Fig. 6

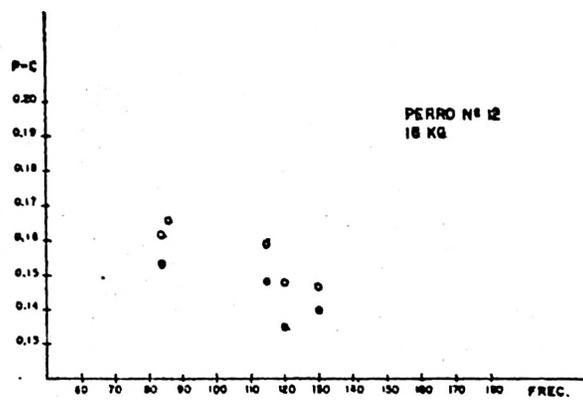


Fig. 7

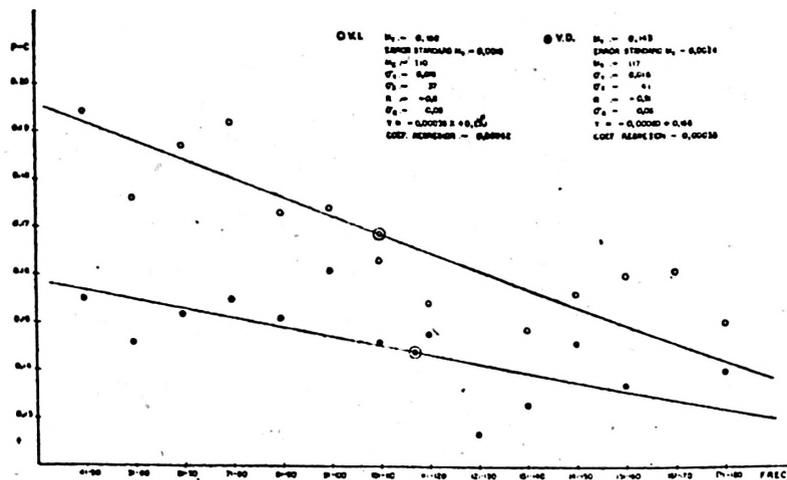


Fig. 8. — Correlación entre frecuencia e intervalo p - Contracción. Gráfica de conjunto. Los valores p-C corresponden al promedio de cada intervalo.

para el ventrículo derecho. Comparados los coeficientes de regresión de ambos ventrículos, se obtiene un t de 2,076 para una diferencia entre ambos de 0,00027.

Discusión

De nuestros experimentos resulta que el tiempo P-C en el ventrículo derecho es menor que el correspondiente al ventrículo izquierdo; hay, pues, una precesión ventricular derecha, y esto se ve tanto en los experimentos en que se estudiaron las dos contracciones en el mismo perro, como en aquellos otros casos en que se determinaron independientemente, en perros distintos, la contracción de uno u otro ventrículo.

El estudio estadístico del conjunto de los datos obtenidos en la totalidad de los perros demuestra que la correlación lineal es evidente en ambas series. Un r de 0,81 para el ventrículo izquierdo es significativo, y el de 0,51 para el ventrículo derecho lo es también, ya que el σ_r es en este caso de 0,06. La diferencia entre las medias es también significativa, ya que es superior en ocho veces a su error «standard» de 0,03. La comparación entre los coeficientes de regresión con un t de 2,076 indica que la diferencia entre ambas series es altamente significativa. Lo concluyente del análisis estadístico permite afirmar, a nuestro juicio, que en nuestros ex-

perimentos la contracción ventricular derecha se inicia antes que la izquierda.

Muy escasos son los trabajos experimentales que sobre este asunto hemos encontrado en la bibliografía.

STASSEN y FAUCONNIER (4 y 10) hace muchos años sostuvieron una opinión que es contraria a la nuestra. Para ellos el ventrículo izquierdo se contraería antes que el derecho. Pero la técnica que empleaban era muy rudimentaria, dada la época. Los resultados que obtuvieron con tal método no tienen, pues, indudablemente ningún valor.

Más perfecta es la técnica empleada por EPPINGER y ROTHBERGER (3). Estudiaban las presiones en la pulmonar y en la aorta y tomaban como referencia del principio de la excitación el comienzo de QRS en una derivación periférica. Estos autores no miden, pues, el comienzo de la contracción en cada ventrículo, sino solamente el de su período de expulsión; la fase de contracción isométrica no es tenida en cuenta. Por otra parte, el electrocardiograma periférico no constituye un buen punto de referencia, ya que el comienzo de QRS en una derivación periférica puede variar en algunas centésimas de una a otra derivación. Estos autores hallan, a pesar de todo, que la expulsión del ventrículo derecho precede en 0,01 a la del ventrículo izquierdo.

Con técnica igual a la de los autores acabados de citar, KATZ (6) estudia asimismo la cronología de la expulsión ventricular, pero no el comienzo de la contracción isométrica. Los resultados son diferentes a los de EPPINGER y ROTHBERGER, puesto que encuentran una ausencia de regla fija, unas veces el ventrículo izquierdo precede al derecho, otras es al contrario y solamente en raras ocasiones el comienzo de la expulsión es simultáneo en ambos ventrículos.

Nosotros pensamos que en este tipo de experimentos debía de tenerse en cuenta la frecuencia cardíaca. En el perro anestesiado esta frecuencia es efectivamente muy elevada, y ello ha de hacer más difícil apreciar diferencias en el comienzo de la contracción en ambos ventrículos, que no era de esperar fuesen muy grandes con frecuencias elevadas. Por ello hemos disminuído la frecuencia cardíaca mediante excitación del vago derecho, que, como es sabido, obra fundamentalmente sobre la frecuencia y no sobre la conducción. Nuestros resultados nos hacen ver que, efectivamente, las diferencias entre los dos ventrículos son mayores cuanto menor es la frecuencia. Pero, de todos modos, estas diferencias son también apreciables aun con frecuencias altas.

Si se toman exclusivamente valores medios para cada in-

tervalo, aun con frecuencias altas, resulta que la contracción ventricular derecha precedería a la izquierda; ello quiere decir que en la mayoría de los casos sucedería de esta forma. Ahora bien, si se tienen en cuenta los valores individuales dentro de cada intervalo, puede apreciarse que con frecuencias bajas el intervalo P-contracción fué siempre mayor para el ventrículo izquierdo que para el derecho, en tanto que con frecuencias altas puede observarse cómo dentro del conjunto de valores hay algunos para el ventrículo izquierdo que son menores que para el derecho. La posibilidad de que haya valores P-contracción para el ventrículo derecho mayores que para el izquierdo es mayor al elevarse mucho la frecuencia, lo que era previsible dado que ambas líneas de regresión tienen distinta pendiente y presentan tendencia a confluir. Como en el trabajo de KATZ no se hace referencia a la frecuencia cardíaca, es de suponer que fuera elevada; de ahí que probablemente trabajase en una zona de frecuencia en que es más probable que la contracción ventricular izquierda pudiera preceder o ser simultánea con la derecha, si bien, de acuerdo con nuestros resultados, no es esto lo más frecuente.

Desde el punto de vista clínico han estudiado el problema diversos autores. COURNAND y colaboradores (2) lo hacen mediante el registro de las presiones preoperatoriamente en el curso de intervenciones intratorácicas en sujetos con aparato cardiovascular clínicamente indemne. Ellos hallan que la contracción ventricular izquierda precedió siempre a la derecha en los nueve sujetos por ellos estudiados. Estos resultados son distintos a los nuestros, diferencia que podría deberse al distinto sujeto experimental en ambos casos.

LUISADA y FLEISCHNER (7) registran simultáneamente el electroquimograma de los bordes ventricular derecho y ventricular izquierdo, para estudiar la cronología de la contracción ventricular. Según sus datos, la contracción ventricular derecha se iniciaría antes que la izquierda en la mayoría de los casos. Nuestros resultados son coincidentes, por tanto, con los de estos autores.

SAMET (9) emplea también la técnica electroquimográfica para medir la cronología de la expulsión ventricular, tomando registros simultáneos de la aorta y de la pulmonar, en sujetos normales y en otros con bloqueo de rama. Normalmente la expulsión ventricular de ambas cavidades no sería coincidente, la derecha precedería a la izquierda. Nada dicen, sin embargo, del comienzo de la contracción isométrica, puesto que sólo registraron el electroquimograma arterial y no el ventricular.

Resumen

Se ha estudiado en el perro la cronología de la contracción en ambos ventrículos, tomando como punto de referencia el comienzo de la activación auricular en el electrocardiograma intraauricular derecho.

Se varió la frecuencia cardíaca mediante excitación del cabo periférico del vago derecho.

Con frecuencias bajas, la contracción ventricular derecha precedió siempre a la izquierda; con frecuencias altas en la mayoría de los casos también se observó una precesión ventricular derecha. En un menor número de casos con frecuencias elevadas el ventrículo izquierdo inició su contracción simultáneamente o muy poco antes que el derecho.

Los datos obtenidos se sometieron a análisis estadístico demostrándose: 1.º, la existencia de una correlación lineal entre frecuencia e intervalo P-Contracción para ambos ventrículos; 2.º, que la diferencia entre las medias tiene carácter significativo, y 3.º, la comparación entre los coeficientes de regresión de ambas series revela que la diferencia entre ambas es altamente significativa.

* * *

Agradecemos vivamente al Prof. Corral sus sugerencias y ayuda en la realización del presente trabajo, que se llevó a cabo bajo su dirección.

Summary

Ventricular asynchronism

The problem of the asynchronous contraction of both ventricles has been approached by revision of the endo-auricular electrocardiogram, the ventricular pressure curves and in many instances the electrogram of the corresponding ventricle, recorded simultaneously.

Twelve dogs have been operated. The thorax was opened and the breathing was maintained by endo-tracheal tube. The endo-auricular electrocardiogram was recorded inserting the electrode into the right auricle through the jugular vein, and placing it 2 cms. below the orifice of the superior vena cava. The ventricular pressure curves were obtained by means of the usual technique, using an 8 Cournand catheter, placed into the corresponding ventricle, through the right jugular vein and carotid artery for the right and left ventricle respectively.

While the inscription of the different records, the frequency of the heart beat was lowered by stimulation of the peripheral part of the right vagus nerve with an electronic stimulator. The range of variation of the heart rate goes from 40 up to 190.

Each recorded was examined and the time elapsed from the P wave of the endocavitary electrocardiogram, to the beginning of the ventricular contraction in the pressure curve,

was measured (P-C interval). The figures obtained have been submitted to statistical control.

The results obtained in 6 dogs in which records of both ventricles were taken, show that the P-C interval is always longer for the left ventricle; it can be noticed also, that the difference between both ventricles is reduced by increment of the heart rate.

The results of the 115 records taken in the twelve dogs can be seen on table 1. It will be observed that the longest P-C interval for the right ventricle is 0.178 seconds and the shortest one 0.098 with a mean of 0.143 seconds. For the left ventricle the longest interval is 0.2 and the shortest 0.155 with a mean of 0.168 seconds.

For the study of the figures obtained we have divided them, in groups according with the heart rate: 41 to 50, 51 to 60 and so on; their mean value of each group has been represented in figure 8 plotted against the frequency.

As can be seen in figure 8 and tables I and II with any frequency the mean value for P-C interval is always shorter for the right ventricle, indicating that the right ventricle contraction precedes the left ventricular contraction. These differences are more visible at low heart rate.

Bibliografía

- (1) CALDERÓN, J.: *R. esp. Fisiol.*, **10**, 63, 1954.
- (2) CURNAND, A.: *Circulatory Res.*, **4**, 100, 1956.
- (3) EPPINGER, H., y ROTHBERGER: *Zentralbl. f. Physiol.*, **24**, 1055, 1910
- (4) FAUCONNIER, H.: *Arch. Int. Physiol.*, **7**, 462, 1909.
- (5) FISCHER, R. A.: *Métodos estadísticos para investigadores*, Editorial Aguilar, Madrid, 1949.
- (6) KATZ, L. N.: *Am. J. Physiol.*, **72**, 218, 1925.
- (7) LUISADA, A.: *Proc. Soc. Exp. Biol. and Med.*, **66**, 436, 1947.
- (8) KOSSMAN, C. E., y GOLDBERG, H.: *Am. Heart J.* **33**, 308, 1947.
- (9) SAMET, P.: *Am. Heart J.*, **39**, 841, 1950.
- (10) STASSEN, M.: *Arch. Int. Physiol.*, **5**, 60, 1907.