

# TRABAJOS DE INVESTIGACION

## El sistema linfático cardíaco. Estudio experimental\*

E. Alegría\*\*/ D. Martínez Caro\*\*\*

### RESUMEN

Presentamos los resultados de un estudio experimental en perros sobre el sistema linfático cardíaco. En base a ellos, proponemos un mapa anatómico de las vías epicárdicas y mediastínicas más frecuentemente encontradas y señalamos la existencia de linfáticos en todas las estructuras cardíacas, incluyendo válvulas y pericardio.

Al mismo tiempo determinamos flujo horario, ionograma, enzimas y gases y estudiamos sus modificaciones tras una serie de medidas como infusión de catecolaminas, estimulación eléctrica y ligadura de la vena cava inferior, así como tras la producción de infarto experimental por ligadura de la coronaria descendente anterior.

### Introducción

A pesar de conocerse desde antiguo, el sistema linfático ha ido siempre a la zaga del arterial y del venoso en lo que al conocimiento de su anatomía y fisiología se refiere. Esto es especialmente cierto en el caso del sistema linfático cardíaco (SLC), el cual, a pesar de trabajos fundamentales como los de Patek<sup>8</sup>, Drinker y cols<sup>3</sup> y Miller y cols<sup>6</sup>, todavía

es discutido hasta en su propia existencia y despreciado en cuanto a su significación patológica. Es notorio en este sentido el contraste entre la gran pobreza de publicaciones sobre este tema y los espectaculares resultados que las investigaciones sobre fisiología cardíaca han alcanzado en los últimos años<sup>4</sup>.

Con este trabajo pretendemos poner someramente al día los conocimientos sobre el tema y presentar un resumen de nuestros resultados experimentales sobre anatomía, fisiología y patología del SLC.

### Material y métodos

Las experiencias descritas se realizaron sobre un total de 350 perros, preparados con intubación y esternotomía media<sup>1</sup>.

En todos los casos se estudió la anatomía superficial cardíaca y troncular mediante inyección de

\* Trabajo presentado en parte como tesis doctoral en la Facultad de Medicina de la Universidad de Navarra.

\*\* Becario del Ministerio de Educación y Ciencia. Colaborador Clínico. Departamento Cardiovascular y Torácico. Clínica Universitaria. Facultad de Medicina. Universidad de Navarra.

\*\*\* Director del Departamento Cardiovascular y Torácico. Clínica Universitaria. Facultad de Medicina. Universidad de Navarra.

azul Evans en las diferentes estructuras a estudiar<sup>1</sup>. En un grupo de perros se canuló el conducto linfático eferente principal cardíaco en el mediastino superior mediante una modificación de la técnica de Miller<sup>7</sup>. En la linfa así recogida se determinaron flujo horario, electrolitos, proteinograma, enzimas (transaminasas glutámico-pirúvica y glutámico-oxalacética, deshidrogenasa láctica y creatinfosfoquinasa) y gases disueltos.

Para estudiar las modificaciones de la linfa, se practicaron los siguientes estudios:

- Infusión de catecolaminas, metoxamina, 20 mg, por vía intravenosa directa; adrenalina, 0,5 mg, por vía intravenosa directa; isoproterenol, 10 mcg/min, durante 40 minutos, y dopamina, 0,5 mg/min, durante 40 minutos.

- Estimulación eléctrica por electrodo endocavitario (Medtronic 6913) a 250 por minuto durante 10 minutos.

- Ligadura de vena cava inferior inmediatamente antes de su entrada en aurícula derecha.

- Ligadura de coronaria descendente anterior inmediatamente antes de la salida de la primera diagonal para provocar un infarto anterior extenso.

En todos los casos anteriores se practicaron las mismas determinaciones en linfa cardíaca y sangre arterial y venosa.

## Resultados

### Anatomía

Hemos encontrado vasos linfáticos en prácticamente todas las estructuras cardíacas estudiadas, que son: epicardio, endocardio, pericardio y válvulas. En el epicardio, donde son más gruesos y abundantes, siguen el trayecto de las arterias coronarias (fig. 1), de modo muy constante. En el endocardio y válvulas son mucho más finos, pero aparentes, siguiendo en ocasiones el trayecto de las cuerdas tendinosas (fig. 2). Los linfáticos pericárdicos, aunque más difíciles de demostrar, aparecen también como finos canales que discurren irregularmente para ir confluyendo en sentido ascendente hacia el mediastino (fig. 3).

En lo que respecta a la distribución mediastínica, hemos podido dibujar un mapa de las vías linfáticas encontradas con mayor frecuen-

cia (fig. 4). Obsérvese cómo los linfáticos epicárdicos se van reuniendo en troncos más gruesos, atravesando sucesivamente los ganglios pretraqueal (fig. 5), cardíaco, subclavios y retroaórtico, yendo a parar casi siempre a las confluencias yúgulo-subclavias derecha e izquierda.



Fig. 1.—Linfáticos epicárdicos del perro. Obsérvese emergiendo de la mancha de contraste inyectada siguiendo el trayecto de las arterias coronarias.

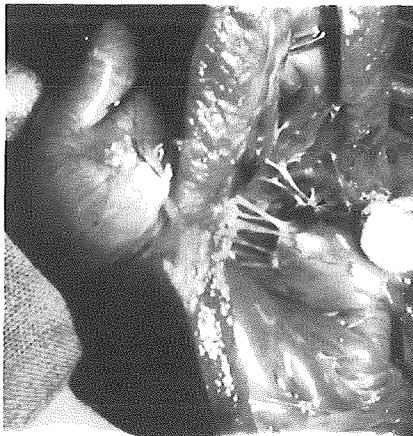


Fig. 2.—Linfáticos endocárdicos del perro inyectados in vivo. Obsérvese uno siguiendo una cuerda tendinosa (flecha).

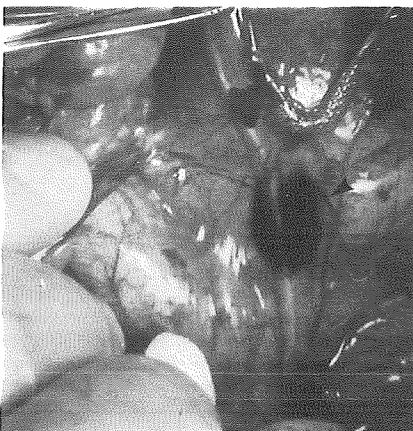


Fig. 3.—Linfático del pericardio del perro (flecha).

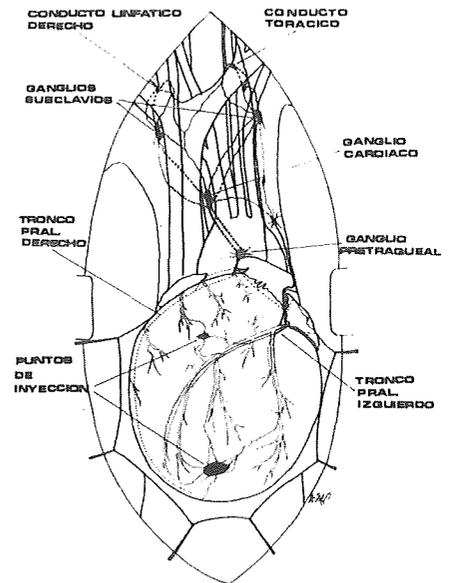


Fig. 4.—Mapa de las vías de drenaje linfático cardíaco en perros.

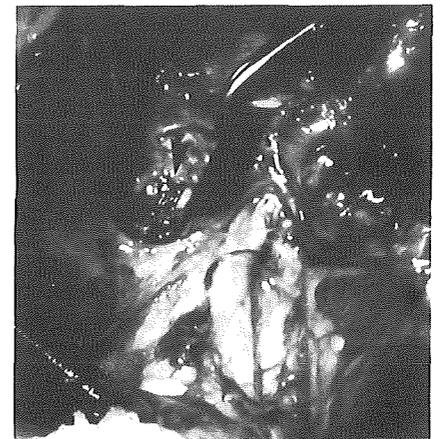


Fig. 5.—Vías mediastínicas de drenaje linfático cardíaco en perro. La flecha apunta a dos gruesos troncos eferentes cardíacos.

### Fisiología

Los resultados de los estudios fisiológicos basales se muestran en la tabla I, mientras en las tablas II, III y IV mostramos los mismos valores tras administración de catecolaminas, estimulación eléctrica y

Tabla I. RESUMEN GENERAL DE LOS VALORES DE LOS DIFERENTES PARAMETROS ESTUDIADOS EN LINFA CARDIACA DE PERROS

	n	$\bar{x}$	S <sub>x</sub>	S $\bar{x}$
Débito linfático (ml/h)	83	3,80	2,10	0,23
<i>Electrolitos</i>				
Na (mEq/L)	51	149,41	6,29	0,88
K (mEq/L)	55	2,66	0,52	0,07
Cl (mEq/L)	18	122,61	7,93	1,87
Ca (mg %)	12	9,64	1,45	0,42
P (mg %)	4	5,15	2,08	1,04
Mg (mg %)	28	1,90	0,51	0,10
Urea (g/L)	17	0,41	0,15	0,04
Prot. Tot. (g %)	9	4,13	0,51	0,17
<i>Proteinograma</i>				
Albúmina (g %)	5	1,68	0,37	0,17
Globulina (g %)	5	2,36	0,66	0,29
1.ª Fracción	5	0,23	0,07	0,03
2.ª Fracción	5	0,46	0,07	0,03
3.ª Fracción	5	0,83	0,40	0,18
4.ª Fracción	5	0,49	0,16	0,07
5.ª Fracción	5	0,36	0,14	0,06
Cociente Alb/glob.	5	0,76	0,32	0,14
<i>Gases y estado ácido-base</i>				
pH	28	7,41	0,10	0,02
pO <sub>2</sub> (mm Hg)	28	109,86	42,24	0,02
pCO <sub>2</sub> (mm Hg)	28	44,45	13,66	2,58
B.E. (mEq/L)	28	+1,64	3,23	0,61
CO <sub>2</sub> H (mEq/L)	27	25,67	3,98	0,77
A. Láctico (mEq/L)	14	2,88	1,99	0,53
<i>Enzimas</i>				
GOT (mU/ml)	11	349,00	269,79	81,34
GPT (mU/ml)	13	64,08	62,29	17,28
LDH (mU/ml)	15	539,40	300,49	77,66
CPK (mU/ml)	14	650,43	239,10	63,90

Tabla II. VALORES DE FLUJO LINFÁTICO CARDIACO (ML/H) EN PERROS, ANTES Y DESPUES DE LA ADMINISTRACION DE METOXAMINA, ADRENALINA, ISOPROTERENOL Y DOPAMINA

Perro n.º	Basal	Metoxamina	Isoproterenol	Adrenalina	Dopamina
73	3,3	—	—	6	—
76	5,3	—	—	8	—
88	4,2	—	6	—	—
320	2	—	4	—	—
321	2	—	8	—	—
322	3,2	4,6	5,4	6	6,3
323	2,4	3,6	8,7	6,6	9,6
324	7,6	4,8	6	8,9	—
326	2,6	16	13	14	15
328	2,4	4,2	6,3	6	7,5
331	2,4	3,6	7,2	9,6	—
Número de perros	11	6	9	8	4
Valor medio	3,36	6,13	7,18	8,14	9,60
Desviación standard	1,74	4,86	2,59	2,76	3,85
Error standard de la media	0,52	1,98	0,86	0,97	1,92

**Tabla III. CANTIDADES DE LINFA CARDIACA OBTENIDAS ANTES Y DESPUES DE LA ESTIMULACION ELECTRICA Y FRECUENCIAS CARDIACAS PREVIAS Y FINALES**

Perro n.º	Linfa basal (ml/h)	Linfa tras estímulo eléctrico	Frecuencia cardíaca basal	Frecuencia cardíaca tras estim.
92	6,3	15,3	150	230
94	2,6	7	130	210
96	8	20	240	300
255	3	4,4	145	250
256	2	5	128	250
257	2	2,6	156	250
258	3	8	160	250
N.º de perros	7	7	7	7
Valor medio	3,84	8,90	158,43	248,57
Desviación standard	2,35	6,37	37,96	27,34
Error standard de la media	0,89	2,41	14,35	10,33
Incremento %	—	+131,77	—	+64

**Tabla IV. CANTIDADES DE LINFA CARDIACA OBTENIDAS ANTES Y DESPUES DE LA OCLUSION DE LA VENA CAVA INFERIOR. SE MUESTRAN ASIMISMO LOS VALORES DE PRESION VENOSA (PV) ANTES Y DESPUES DE LA OCLUSION**

Perro n.º	Basal ml	Tras ligadura VCI (ml)	PV basal (cm H <sub>2</sub> O)	PV tras ligadura (cm H <sub>2</sub> O)
203	2	1	8	26
204	3,2	0,8	4	15
205	3,6	1,1	8	12
207	0,5	0,2	4	11
208	2	0,8	3	22
209	3,6	0,6	5	15
N.º de perros	6	6	6	6
Valor medio	2,48	0,87	5,33	16,83
Desviación standard	1,22	0,32	2,16	5,91
Error standard de la media	0,50	0,13	0,88	2,41
Incremento porcentual	—	-143	—	+215

ligadura de la vena cava inferior respectivamente. En la tabla V mostramos los valores de flujo linfático, electrolitos, gases y enzimas tras la producción de infarto experimental.

## Discusión

Hemos estudiado completamente la anatomía del SLC, coincidiendo nuestros resultados con los de otros autores<sup>9, 10</sup>. También coincidimos con Bradham<sup>2</sup> en la presencia de linfáticos en las válvulas cardíacas, no habiendo encontrado referencias de hallazgo directo de linfáticos en el pericardio. Además, nuestros estudios completan y perfeccionan la descripción de las vías tronculares de drenaje de la linfa miocárdica a través del mediastino<sup>5</sup>.

Como resumen del valor de nuestros estudios fisiopatológicos en linfa cardíaca podemos decir, con Miller<sup>6</sup>, que, al provenir la linfa del espacio intersticial cardíaco, su composición reflejará más estrechamente que ningún otro líquido las modificaciones que el medio interno de dicho órgano sufra. En lo que respecta al flujo, nuestro valor de 3,8 ml/hora es comparable al que obtuvo el autor antes citado<sup>6</sup>, que es de 3,2 ml/hora. Esto que viene a corresponder a un 6,5 % del total del flujo linfático corporal, y a un 0,22 % del total de líquido que sale del corazón. El resto de resultados fisiológicos en linfa cardíaca no hace sino confirmar la importancia de una de las funciones principales del sistema linfático cardíaco, que es regular la dinámica electrolítica intersticial y los intercambios célula-intersticio e intersticio-capilares sanguíneos.

En lo que respecta a la adaptación del SLC a ciertas variaciones agudas de la hemodinámica, podemos concluir que los tres factores fundamentales que modifican el drenaje linfático son la presión arterial, la contractilidad y la frecuencia cardíaca, al ser la adrenalina y la dopamina los que más aumentan el drenaje linfático y los que aumentan estos tres parámetros.

Por último, los resultados del estudio tras la provocación de infarto miocárdico demuestran una vez más el efecto de arrastre por la linfa de productos de desecho intersticiales, que en el caso del infarto son hemáties, potasio, creatinfosfoquinasa y metabolitos ácidos.

Tabla V. RESUMEN DE LOS VALORES OBTENIDOS EN LINFA CARDIACA DE PERRO ANTES Y DESPUES DE LA PRODUCCION DE INFARTO EXPERIMENTAL EN PERROS

		n	$\bar{x}$	$S_x$	$S_{\bar{x}}$
Débito linfático (ml/hora)	Basal	23	3,28	1,51	0,32
	60 min	23	3,75	2,03	0,42
<i>Electrolitos</i>					
Na+ (mEq/L)	Basal	32	149,47	5,04	0,89
	30 min	9	148,00	6,46	2,15
	60 min	28	149,57	5,51	1,04
	90 min	8	150,25	5,23	1,85
K (mEq/L)	Basal	37	2,46	0,42	0,07
	30 min	10	3,12	0,88	0,28
	60 min	33	2,51	0,80	0,14
	90 min	12	2,33	0,40	0,12
Mg (mg %)	Basal	16	1,78	0,51	0,13
	60 min	16	1,63	0,36	0,09
<i>Gases y estado ácido-base</i>					
pH	Basal	25	7,41	0,09	0,02
	60 min	25	7,40	0,09	0,02
pO <sub>2</sub> (mmHg)	Basal	24	107,38	41,44	8,46
	60 min	24	103,33	37,97	7,75
pCO <sub>2</sub> (mmHg)	Basal	25	44,61	13,76	2,75
	60 min	25	45,53	12,00	2,40
E.E. (mEq/L)	Basal	25	+1,18	2,89	0,58
	60 min	25	+1,9	4,29	0,86
CO <sub>3</sub> H (mEq/L)	Basal	25	25,63	4,06	0,81
	60 min	25	26,46	4,71	0,94
A. Láctico (mEq/L)	Basal	13	2,61	1,76	0,49
	60 min	13	2,91	1,98	0,55
<i>Enzimas</i>					
GOT (mU/ml)	Basal	11	349,00	269,79	81,34
	60 min	11	227,18	226,47	68,28
	120 min	10	283,80	256,56	81,13
GPT (mU/ml)	Basal	14	108,79	177,67	47,48
	60 min	14	70,79	115,40	30,84
	120 min	13	49,08	61,57	17,08
LDH (mU/ml)	Basal	18	651,33	375,25	88,45
	60 min	18	612,83	487,69	114,95
	120 min	18	532,21	398,33	96,61
CPK (mU/ml)	Basal	15	725,07	369,66	95,45
	60 min	15	910,87	582,01	150,27
	120 min	14	852,71	537,28	143,59

## Bibliografía

1. Alegría E. *El sistema linfático cardíaco. Estudio experimental y aplicaciones clínicas*. Tesis Doctoral. Facultad de Medicina. Universidad de Navarra. 1975.
2. Bradham RR, Parker EF, Greene WB. *Lymphatics of the atrioventricular valves*. Arch Surg. 106, 210, 1973.
3. Drinker CK, Warren MF, Maurer FW, McCarrel JD. *The flow, pressure and composition of cardiac lymph*. Am. J. Physiol. 130, 43, 1940.
4. Katz AM. *Physiology of the heart*. Raven Press. New York. 1977.
5. Miller AJ. *The lymphatics of the heart*. Arch. Int. Med. 112, 501, 1963.
6. Miller AJ, Pick R, Katz LN. *The importance of the lymphatics of the mammalian heart: experimental observations and some speculations*. Circulation 29, 485, 1964.
7. Miller AJ, Ellis A, Katz LN. *Cardiac lymph: flow rates and composition in dogs*. Am. J. Physiol. 206, 63, 1964.
8. Patek PR. *The morphology of the lymphatics of the mammalian heart*. Am. J. Anat. 64, 203, 1939.
9. Symbas PN, Cooper T, Ganter GE, Willman VL. *Lymphatics of the heart. Anatomic effects following interruption of the drainage of cardiac lymph*. Archs. Path. 81, 573, 1966.
10. Yoffey JM, Courtice FC. *Lymphatics, lymph and the lymphomieloid complex*. Academic Press. London. 1970.

## THE CARDIAC LYMPHATIC SYSTEM. AN EXPERIMENTAL STUDY

### Summary

Our experiences concerning the cardiac lymphatic system in dogs are presented. We offer a drawing of the more frequently found and accessory pathways of the cardiac lymphatic drainage. We also confirm the existence of lymphatics in all cardiac structures studied, such as valves and pericardium.

There follows an analysis of the flow rate, ions, gases and enzymes in basal status. We also study their possible variations produced by the infusion of catecholamines, cardiac pacing, the closure of inferior venae cavae, and experimental cardiac infarction by means of clamping the anterior descending coronary artery.