

개심장사상충 중감염에 따른 심실중격기이운동과 대정맥증후군의 심장초음파상

박인철¹

전남대학교 수의과대학

Echocardiographical Findings of Heartworm Disease with Paradoxical septum motion and Caval Syndrome in a Pug Dog

In-chul Park¹

College of Veterinary Medicine, Chonnam National University

Abstract : A female pug was presented with severe anemia, dyspnea and hemoglobinuria. By B- and M-mode echocardiography, the large number of heartworm were founded in the right ventricle, right atrium and pulmonary artery. The heartworm mass was moved from the right ventricle to the right atrium with the motion of the tricuspid valve. Paradoxical septum motion were visible in M-mode of left ventricular outflow tract and chordae tendineae level short-axis view. Flattened interventricular septum was find in B-mode of papillary muscle level short-axis view. In autopsy, 81 adult heartworms and 7 filarial debris were found. Most of adult heartworm were found in the right ventricle and pulmonary artery. 3 of them were found in the venaca and right atrium, respectively.

Key words : heartworm, caval syndrome, Paradoxical septum motion, ultrasonography, dog.

서 론

심장사상충증(*Dirofilaria immitis*)은 주로 폐동맥과 우심실·우심방 등에 기생하며 감염의 정도와 경과 그리고 기생부위에 따라 숙주의 임상증상 및 예후가 달라진다^{4,5,9-12,19,27,28}.

대정맥증후군(Caval syndrome)은 순환혈류의 장애를 유발하는 혈전¹⁸, 종양⁸ 또는 대정맥에 인위적으로 삽입한 이물¹³ 등에 의하여 발생되기도 하지만 개의 임상에서는 주로 심장사상충의 중감염에 의한 발생이 많다^{4,5,10,12,28}. 개에서 심장사상충의 중감염에 의해 발생하는 대정맥증후군은 많은 수의 총체가 상·하대정맥, 우심방에 짧은 기간 동안 기생함에 따라 나타나는 증후군으로서 심장으로 유입되는 정맥혈류의 순환장애가 주된 원인이다^{4,5,9,17}. 대정맥증후군은 Vena cavae syndrome, Postcaval syndrome, Acute hepatic syndrome, Liver syndrome, Dirofilarial hemoglobinuria, Vena cava embolism 등으로 불리워졌으나 최근에는 주로 Caval syndrome이란 명칭을 사용하고 있다^{4,5,9,28}.

심급성에서부터 만성적 경과를 보는 이 증후군의 대부분은 심장, 간, 신장 등의 기능장애를 가져오는데 대표적인 증상은 운동불내성, 기침, 호흡곤란, 빈혈, 수축기성 심잡음, 복부팽만, 혈색소뇨, 황달 등이 있으며 때로는 급성 심맥관계 허탈로 급작스런 죽음의 경과를 보인다. 특히 혈색소뇨증은 본증의 특유한 특징으로 언급되고 있다^{5,14,27,28}.

심실중격기이운동(Paradoxical septum motion)은 심실중격이 비정상적으로 움직이는 것으로서 삼첨판폐쇄부전 또는 심장사상충의 중감염에 의해서도 발생하는데, 폐동맥압이 높아짐

에 따라 우심실에 가해지는 혈압이 높아진다. 따라서 초음파 소견에서는 심실중격이 편평한 양상을 띄며, 심실중격이 전방향(탐촉자방향) 즉 우심실쪽으로 급격히 밀려드는 양상을 보이는 것이 특징이다⁵.

개의 심장사상충감염에 대한 진단법으로서는 혈액내의 심장사상충자충의 검출법, 항원진단법, 방사선진단법, 활영심혈관조영술 등^{5,11,15,20-22,25,26,29-32}이 있으나 근래에는 심장사상충의 감염정도 및 심혈관계의 변화를 실시간적로 관찰할 수 있는 심장초음파검사법이 유용하게 이용되고 있다^{7,23,29,31}.

따라서 본 증례에서는 혈색소뇨 등 전형적인 대정맥증후군의 증상을 보이면서 심장초음파검사서 심장사상충 중감염에 의한 심실중격기이운동의 전형적인 소견을 얻었기에 이를 보고하고자 한다.

증 례

병력

환견은 Pug종(2세, 5.4 kg)의 암컷으로 약 3개월전부터 빈혈증세로 경기도 안양시의 개인동물병원에 내원하여 *Babesia gibsoni* 감염으로 진단되어 치료를 하였으나 빈혈증세가 호전되지 않고 오히려 식욕결핍, 호흡곤란, 기립불능 등 임상 증상이 더욱 심하여져 재검사 결과 *Babesia gibsoni* 중감염과 함께 심장사상충의 자충이 다수 검출되었다. 환견은 약 1년 전부터 강화도 근처의 돼지 사육농가에서 키워왔으며 주변을 자유롭게 돌아다닐 수 있는 사육환경이었다고 한다. 본 대학 부속동물병원에 의뢰되었던 당시의 호흡수는 36~45회/min, 체온 37.7~38.7°C, 심박동은 150회/min이었으며, 기침, 호흡곤란, 복수, 빈혈, 황달, 복부팽만, 혈색소뇨, 기립곤란 등

¹Corresponding author.

E-mail : icpark@chonnam.ac.kr

Table 1. Blood cell and blood chemistry values of a pug dog infected with heartworm

HCT	8.9%	ALB	2.77 g/dl
HGB	2.8 g/dl	ALKP	993 IU
MCHC	31.5 g/dl	ALT	429 IU
WBC	$57.4 \times 10^9/L$	AMYL	1519 IU
GRANS	$49.8 \times 10^9/L$	BUN	82.8 mg/dl
%GRANS	87%	Ca	8.56 mg/dl
L/M	$7.6 \times 10^9/L$	CHOL	215.8 mg/dl
%L/M	13%	CREA	0.5 mg/dl
PLT	$36 \times 10^9/L$	GLU	123.3 mg/dl
Retics	2.8%	PHOS	9.29 mg/dl
		TBIL	4.52 mg/dl
		TP	7.77 g/dl
		GLOB	5.00 g/dl

의 임상증상을 보였다.

임상검사

일반혈액검사: 혈구검사는 자동혈구계산기(QBC VET Auto reader, IDEXX, 미국)를, 혈청검사는 혈액화학분석기(Vet test 8008, IDEXX, 미국)를 이용하였다. 환견은 극심한 빈혈소견을 보였으며, 백혈구와 과립구의 현저한 증가, 혈소판의 극심한 감소 등을 보였다(Table 1). 혈액직접도말검사에서 심장사상충자충이 발견되었고 Modified Knott's법에서도 많은 수(12~16/100 μ l)가 검출되었다. 또한 Giemsa Stain에서 혈액원충성 기생충인 *Babesia gibsoni*에 중감염(70~90/RBC 1000개)된 것이 관찰되었다.

항원검사: 심장사상충항원검사(Canine Heartworm Antigen Test Kit, IDEXX, 미국)에서 양성을 나타내었다.

혈액화학검사: Albumin과 Cholesterol 그리고 Total

protein을 제외하고는 대부분 정상범위를 상회하였다. 다만 Creatinine은 정상 이하의 수준을 나타내었다(Table 1).

방사선검사

우횡와위 방사선촬영(Fig 1. A)에서는 우심계의 확장 소견이 뚜렷하였고 심장의 장축방향 확대에 따라 기관이 등쪽을 향하여 용기된 소견을 보였으며 폐 실질조직의 음영증강이 관찰되었다. 또한 배복위에서 촬영한 방사선 사진을 시계면으로 보았을 때 1시에서 2시 사이에 확장 용기된 폐동맥의 음영이 뚜렷하게 관찰되었다(Fig 1. B).

심장초음파검사

심장초음파는 초음파 진단장치(SONOACE 4800 HD, Medison co., KOREA)에 부착된 5.0 MHz mechanical sector transducer을 이용하였다. 좌, 우측 흉골 주위를 전모한 후, 무마취 상태에서 Thomas 등²³의 방법에 따라 우측 측늑골연창(Right parasternal window)에서는 우측 4~6늑간에 탐촉자를 위치시킨 후 좌실유출로장축단면(Left ventricular outflow tract long-axis view), 4강장축단면(4-chamber long-axis view), 건삭수준단축단면(chordae tendinae level short-axis view), 그리고 폐동맥수준단축단면(Pulmonary arteries level short-axis view)에서 검사하였다. 또한 좌측 5~7늑간에서는 심첨4강단면(Apical 4-chamber view)에서 검사하여 심장사상충의 존재유무 및 심장 각 구조물의 움직임과 변화를 관찰하면하였다.

좌실유출로장축단면(Fig 2): 우심실과 우심방 내에 심장사상충의 음영이라고 여겨지는 고에코를 띤 2줄상의 짧은 음영이 다량 인정되었다. 이 고에코의 물질은 덩어리를 형성하여 심장의 박동주기에 따라 우심실과 우심방을 왕복하는 운동이 지속적으로 관찰되었다. 또한 수축기에 심실중격이 전방향(탐촉자방향)으로 급격히 움직이는 심실중격기이운동



Fig 1. A: Right lateral thoracic radiograph. The long axis cardiac dimension was marked increase and the trachea was elevated to the thoracic vertebra. B: Dorsoventral thoracic radiograph. Distended main pulmonary artery segment was visible between the 1 and 2 o'clock position (arrows). Also distended right atrium and right ventricle were visible.

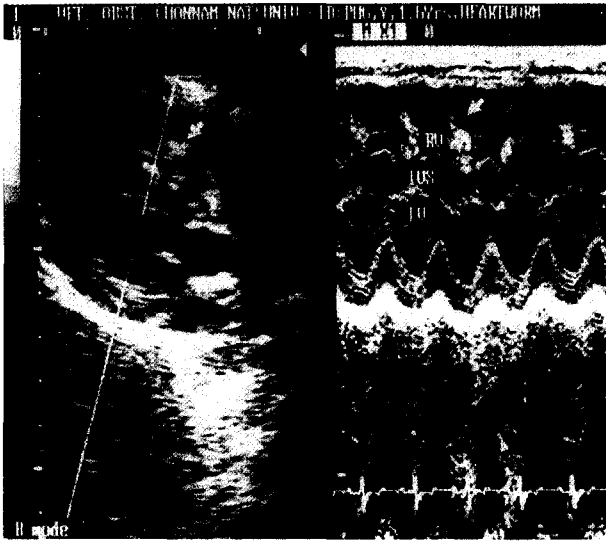


Fig 2. B- and M-mode echocardiography of left ventricular out-flow tract long-axis view. There were hyperechoic heartworm mass in the right ventricle (arrows). The white mass in the right ventricle in diastole and the ventricular septum was move to the left ventricle when cardiac cycle was diastolic. IVS=interventricular septum, LV=left ventricle, RV=right ventricle.

(Paradoxical septum motion)이 관찰되었으며 더불어 심실의 확장기에 우심실내에 밀려들어오는 총체덩어리 때문에 심실중격이 좌심실내강으로 밀려들어가는 비정상적인 심실중격의 운동이 관찰되었다.

4강장축단면 (Fig 3): 심장사상충의 음영이라고 여겨지는 고에코의 짧은 2줄상의 많은 음영이 심장의 확장기(Fig 3. A)에는 우심실, 수축기(Fig 3. B)에는 우심방 내에서 관찰되었다.

유두근수준 및 건삭수준단축단면 (Fig 4): 유두근수준단축단면 및 건삭수준단축단면의 B-mode에서 우심실의 확장소

견 및 심실중격의 평편화(flattened interventricular septum)가 관찰되었다(Fig 4. A). 건삭수준단축단면의 B-mode와 M-mode(Fig 4. B)에서는 다수의 총체로 생각되어지는 고에코를 띤 mass가 심실 확장기에는 우심실쪽으로 밀려들어왔으며 심실의 수축기에는 우심방으로 이동하여 우심실 내에서는 거의 보이지 않았다. M-mode 상에서 심실확장기에 고에코의 mass가 심실중격을 물리적으로 압박하여 심실중격이 좌심실내강으로 밀려들어가는 비정상적인 심실중격운동을 보였으며 수축기에 급속히 전방향(탐촉자방향)으로 운동하는 심실중격기이운동을 보였다.

변형폐동맥수준단축단면 (Fig 5): 우심실유출로에 덩어리져 있는 고에코상의 음영과 폐동맥분기부와 우폐동맥내에서 총체의 음영으로 생각되는 짧고 2선상의 line이 선명하게 관찰되었다. 대동맥기부직경을 기준으로 하였을 때 주폐동맥의 직경은 1.4배로, 우폐동맥의 직경은 0.7배로 확장된 소견을 보였다.

심첨4강단면 (Fig 6): 좌심실과 좌심방에 비하여 상대적으로 확장된 우심실, 우심방 내에 다수의 고에코음영이 확인되었으며 이 고에코의 음영의 일부는 큰 mass를 형성하여 수축시에는 우심방으로, 확장기에는 우심실로 유입되는 운동을 반복하였다.

이상과 같이 심장초음파소견상 우심실과 우심방 그리고 폐동맥의 확장소견을 보였으며 많은 수의 총체가 우심실, 우심방, 폐동맥 내에서 관찰되었다. 그리고 심박은 빈맥을 나타내었으며 좌심실의 기능은 정상범위에 속하였으나 심실중격과 좌심실벽은 두꺼워진 양상을 띠었다. 좌심실내강은 정상 범위에 비하여 좁아져 있었다(Table 2).

부검소견

내원 치료후 5일 뒤에 폐사하여 부검을 한 결과, 우심방, 우심실, 우심실유출로 및 폐동맥이 확장되어 있었다. 대부분

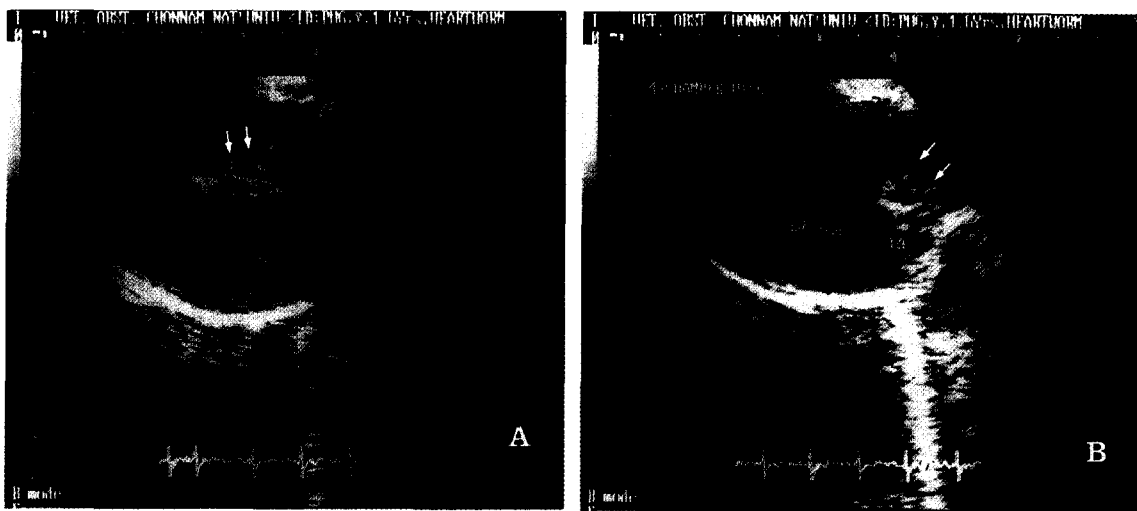


Fig 3. 4-chamber long-axis view of diastole (A) and systole (B). The most of hyperechoic heartworm(arrows) moved from right ventricle to right atrium with heart cycle. LA=left atrium, LV= left ventricle.

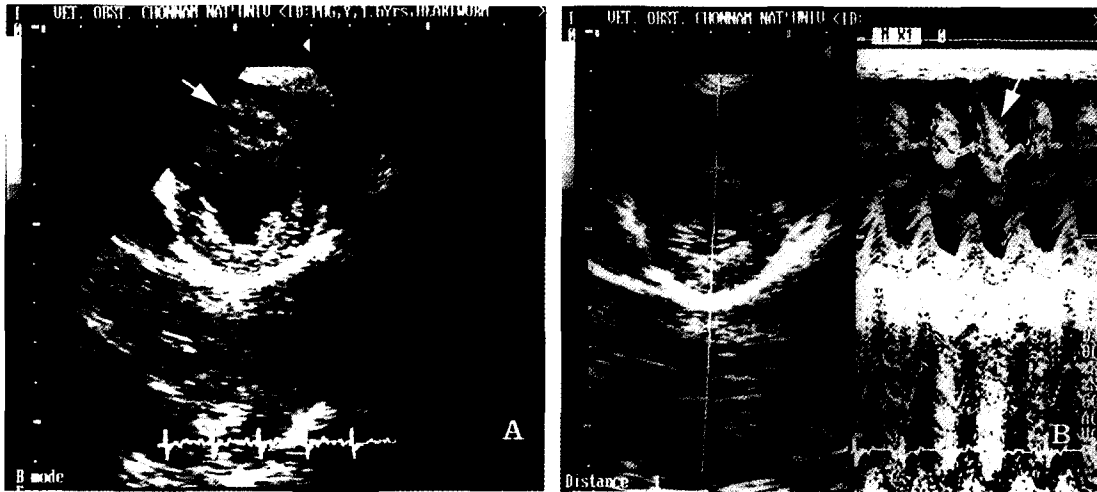


Fig 4. Papillary muscle level and chordae tendinae level short-axis view in diastole. A: Large number of heartworm occupied the right ventricle (arrow). Right ventricle was dilated and interventricular septum was flattened. B: Interventricular septum shape in systole represented as normal shape (B-mode). Paradoxical septum motion were visible in systole (M-mode). Right ventricle was occupied with echogenic mass that were represented heartworm. This mass pushed the interventricular septum toward the left ventricle in diastole.

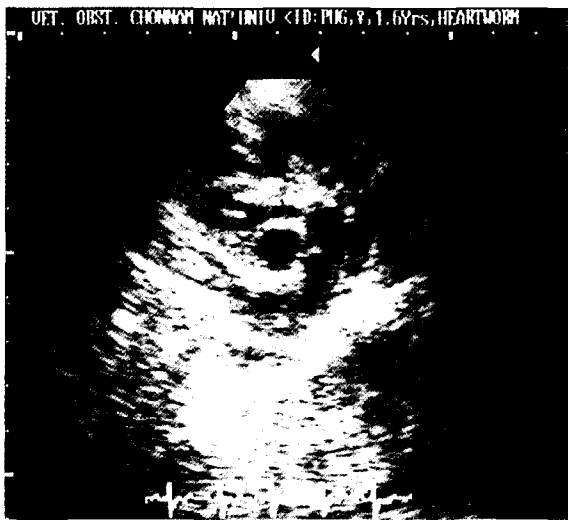


Fig 5. Modified pulmonary artery level short-axis view. Large number of heartworm echo were founded in the right ventricle, right ventricular outflow tract and right pulmonary artery.

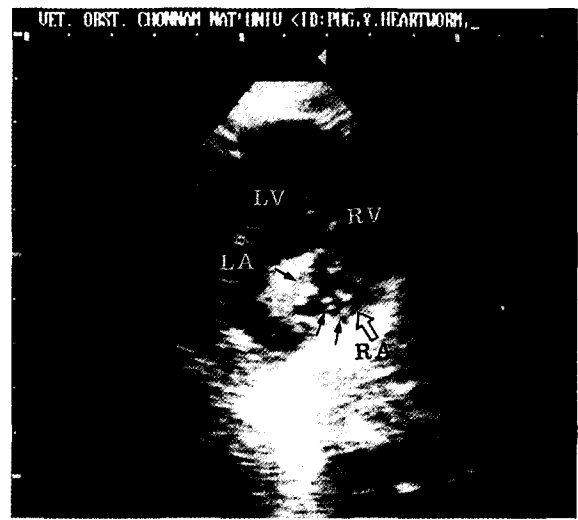


Fig 6. Apical 4-chamber view. The multiple echogenic materials within the right atrium represented adult heartworm. LA=left atrium. LV=left ventricle, RA=right atrium, RV=right ventricle.

의 심장사상충은 주로 우심실과 폐동맥 내에서 관찰되었으나, 각 폐엽동맥에서도 소수의 충체가 존재하였다. 또한 우심방에서 3마리, 전대정맥과 후대정맥에서 3마리의 충체가 발견되었다. 심장과 주위 혈관계에 존재하는 성충의 수는 총 81마리(♂: 35, ♀: 41)였으며, 부검 전에 이미 죽어 암수를 구별할 수 없을 정도인 약 2~5 cm 되는 충체의 흔적도 7개 관찰되었다.

고 찰

심장사상충에 의한 피해는 사역견 및 업견 등 활동력이 많

이 요구되는 견종에서는 더욱 치명적이며 감염된 성충의 수가 많을수록 혈액 동력학적 장애가 더욱 심하게 나타나지만 충체의 수에 관계없이 적은 수의 감염 예에서도 치명적인 결과를 초래하기도 한다^{3,7,23}. 특히 대정맥증후군의 경우에는 선구증이 없이 급작히 발현하여 폐사하는 경우가 많다^{4-6,28}.

대정맥증후군이라는 용어는 Jackson에 의하여 처음 사용되어졌고¹², 이 질병의 병태에 관해서는 아직 충분히 밝혀져 있지 않지만 충체에 의한 물리적인 혈액순환 장애뿐 만 아니라 충체에 대한 숙주의 면역학적 반응으로 폐동맥벽의 비후 및 경화 등에 영향을 미친다^{4-6,28}. 성충에 의한 순환장애로 울혈성 심부전이 일어나고 순환장애는 급성 간부전과 신부

Table 2. Comparison of echocardiographic values heartworm infected Pug dog and reference ranges (Mean S.D. ; mm)

Parameter	Case (Chordae tendineae level short-axis view)	reference ranges	
		A*	B**
RVIDd	12.83±2.12	-	-
RVIDs	9.32±0.54	-	-
RVWd	5.09±0.28	-	-
RVWs	6.97±1.06	-	-
LVIDd	15.90±1.30	27.4±5.2	20.2~25.0
LVIDs	9.95±0.49	16.0±4.7	11.2~14.6
IVSd	9.06±0.15	6.2±1.7	6.0~7.7
IVSs	10.77±1.20	10.2±2.2	9.0~10.9
LVWd	7.49±0.54	5.4±1.7	4.8~6.3
LVWs	12.03±1.06	7.9±1.6	8.0~9.8
FS (%)	39.67±2.52	28~40	
EF (%)	74.00±3.00	-	-
HR(/Min)	152.33±2.02	-	-

*From Bonagura JD, O'Grady MR, Herring DS: Echocardiography: principles of interpretation. Vet clin North Am 15; 1985: 1177~11941.

**From Boon JA: manual of veterinary Echocardiography (suppl). willians & wilkins, Baltimore. 19982.

전을 일으킴과 동시에 적혈구 자체의 유약성을 증가시키며, 비정상적인 판막운동에 의한 혈류의 혼란으로 용혈이 일어나는 것으로 알려져 있다^{4,6,13,14}. 용혈에 의한 bilirubin의 과도한 생산과 간세포 손상으로 인한 bilirubin의 처리부전이 황달을 일으키는데^{4,6,28} 본 증례에서 보였던 극심한 빈혈과 황달 및 복수도 이런 연유에서 발생하였으리라 생각된다. 또한 함께 관찰된 *Babesia gibsoni* 중감염도 환축의 빈혈과 황달증상의 한가지 원인이라 사료된다.

심실중격기이운동은 수축기에 심실중격이 정상운동방향인 좌심실내강 쪽으로 움직이지 않고 오히려 우심실내강 즉 전방향(탐축자방향)으로 급속히 운동하는 것으로 만약 우심실에 혈액량이 과부하되면(예, 삼첨판폐쇄부전) 확장기에 심실중격이 평평화되고 심실기이운동을 보이며, 수축기에는 좌심실은 정상적인 원형으로 회복한다고 한다¹⁶. 본 증례의 경우에도 수축기에는 심실의 모형이 원형으로 회복하나(Fig 4. A) 심실의 확장기에는 심실중격이 평평화된 모습을 띄고 있어(Fig 4. B) 본 증례는 삼첨판 폐쇄부전에 의한 심실중격기이운동으로 사료된다. 또한 심전도와 함께 얻은 좌실유출로 장축단면의 B-mode 및 M-mode와 전삭수준단축단면의 B-mode 및 M-mode에서 관찰되어진 수축기의 심실중격이 급속하게 전방향(탐축자방향)으로 운동하는 것도 심실중격기이운동의 전형적인 양상으로 Calvert⁶가 예로서 설명하고 있는 수축기에 심실중격이 급격한 전방운동(rapid anterior septal motion)을 하였던 것과 일치하였다.

또한 본 증례에서 뚜렷하게 나타내고 있는 비정상적인 심실중격운동(septal motion abnormality)중의 하나인 확장말기에 심실중격이 좌심실 쪽으로 밀려드는 소견은 미국심장초음파협회 M-mode표준화위원회의 기준²⁹인 심실확장말기를 동시에 기록한 심전도의 lead II QRS군의 시작점으로 평가하는 것과 비교해 보았을 때 분명하게 상반되는 비정상적인

심실중격의 운동이었다(Fig 2, 4). 이것은 심실의 확장기에 급격하게 우심실내에 들어오는 심장사상충 덩어리의 물리적인 영향과 심장사상충의 중감염에 따른 상승된 우심실내압의 영향이 복합적으로 작용한 것으로 사료된다.

심장사상충체의 음영이 삼첨판의 움직임에 따라 우심방과 우심실을 주기적으로 왕복하는 것은 Calvert⁶의 예에서는 심주기에 관계없이 심장사상충의 음영은 명확히 발견할 수 없었다는 보고와는 서로 다른 소견을 보였다. 그러나 Kitagawa 등³¹의 보고에서 심장사상충체가 심실의 확장기에는 심실쪽으로 이동하고 심실의 수축기에는 우심방쪽으로 움직였다는 것과 본 증례와는 일치하였다. 또한 Fig 3. A, B에서 볼 수 있듯이 심장사상충으로 이루어진 덩어리가 삼첨판의 움직임과 함께 이동하는 과정에서 삼첨판의 폐쇄불량을 유발시켰을 가능성이 크다고 사료된다.

대정맥증후군의 발증과 감염된 심장사상충 수와의 관계는 심장사상충의 총체가 환견 개체당 50~200마리 이내 또는 100~200마리 정도 감염되었을 때 대정맥증후군이 발생한다고 보고되고 있다^{5,6}.

본 증례에서는 소형견종인 Pug인 것을 감안한다면 감염충체가 81마리 그리고 이미 죽어 그 형체가 불분명한 충체의 흔적이 7개 발견된 것으로 보아 이 증례에서의 감염충체수는 대정맥증후군을 충분히 발증시킬 정도의 감염이었다고 생각된다. 또한 심장사상충에 자연 감염된 11두의 진도견을 대상으로 초음파검사와 진신마취하에서 폐동맥판구부를 결찰한 후 부검을 실시하여 비교한 박 등³¹의 보고에서 감염충체수가 최고 156마리의 예에서도 초음파를 이용한 진단에서는 우심실과 우심실 내에서 심장사상충의 음영이 발견되지 않았다는 것을 고려하면 본 증례에서 여러 단면의 초음파검사에서 다수의 충체음영이 우심방, 우심실 그리고 폐동맥에서 관찰되었던 것은 주목할 만 하다.

결론

호흡곤란, 빈혈, 복부팽만, 기립불능, 혈색소뇨 등의 전형적인 대정맥증후군 증상을 보인 2세의 암컷 Pug견을 대상으로 심장초음파검사를 한 결과, 심장초음파의 표준단면중 좌심실유출로장축단면, 4강장축단면, 건삭수준 또는 유두근 수준단축단면 및 변형폐동맥수준 단축단면에서 우심실과 우심방 그리고 폐동맥내의 심장사상충을 진단하였으며, 특히 유두근수준단축단면의 B-mode와 좌심실유출로장축단면 및 건삭수준단축단면의 B-mode와 M-mode에서 심주기의 수축기에 심실중격이 급속히 전방향(탐촉자방향)으로 운동하는 심실중격이운동을 진단하였다. 또한 확장말기에 심실중격이 정상적인 심중격의 운동과 반대방향인 좌심실내강으로의 밀려들어가는 심실중격의 운동이상을 진단할 수 있었다. 그리고 우심방, 우심실의 확장소견과 우폐동맥의 확장소견을 얻었다.

사후 부검에서 심장사상충성충이 81마리, 그리고 이미 죽어 완전하지 못한 형태를 가진 총체 잔존물 7개가 검출되었다. 심장사상충은 주로 우심실과 폐동맥에 있었으며 우심방에서 3마리, 전대정맥과 후대정맥에서 3마리가 발견되었다.

참고 문헌

- Bonagura JD, O'Grady MR, Herring DS: Echocardiography: principles of interpretation. *Vet Clin North Am* 1985; 15: 1177-1194.
- Boon JA: manual of veterinary Echocardiography (suppl). Williams & Wilkins, Baltimore. 1998.
- Calvert CA, Losonsky JM. Pneumonitis associated with occult heartworm disease in dogs. *J Am Vet Med Assoc* 1985; 186: 1097-1098.
- Calvert CA. Heartworm disease. In: ed Birchard SJ & Sherding RG, Saunders manual of small animal practice, 1st ed. W.B. Saunders, Philadelphia: 1994: 187-193.
- Calvert CA. Heartworm disease. In: Manual of canine and feline cardiology. 2nd ed. Philadelphia: W.B. Saunders. 1995:225-257.
- Calvert CA, Rawlings CA, McCall JW. Canine heartworm disease, In: Textbook of canine and feline cardiology. 2nd ed. Philadelphia: W.B. Saunders. 1999: 702-726.
- Goggin JM, Biller DS, Rost CM, DeBey BM, Ludlow CL. Ultrasonographic identification of *dirofilaria immitis* in the aorta and liver of a dog. *J Am Vet Med Assoc* 1997; 210: 1635-1637.
- Hunt G B, Churcher R K, Church D B, Paul Mahoney. Excision of a locally invasive thymoma causing cranial vena caval syndrome in a dog. *JAVAMA*, 1977; 210: 1628-1630.
- Jackson R F. The venae cavae or liver failure syndrome of heartworm disease. *J Am Vet Med Assoc*, 1969; 154: 384-385.
- Jackson RF, Swimour WG, Growney PJ. Surgical treatment of the caval syndrome of canine heartworm disease. *J Am Vet Med Assoc* 1977; 171: 1065-1069.
- Jackson RF. Diagnosis of heartworm disease by examination of the blood. *J Am Vet Med Assoc* 1969; 154: 374-376.
- Kitagawa H, Sasaki Y, Ishihara K, Kawakami M. Cardiopulmonary function values before and after heartworm removal in dogs with caval syndrome. *Am J Vet Res*, 1991; 52: 126-132.
- Kitagawa H, Sasaki Y, Ishihara K, Kuwahara Y. Development of artificial model of caval syndrome in canine heartworm disease. *Jpn. J. Vet. Sci.* 1990; 52: 1029-1035.
- Kitagawa H, Sasaki Y, Ishihara K. Clinical studies on canine dirofilariasis hemoglobinuria: relationship between the presence of heartworm mass at the tricuspid valve orifice and plasma hemoglobin concentration. *Jpn. J. Vet. Sci.* 1986; 48: 99-103.
- Losonsky JM, Thrall DE, Lewis RE. Thoracic radiographic abnormalities in 200 dogs with spontaneous heartworm infestation. *Vet Radiol* 1983; 24: 120-123.
- Moise NS, Fox PR. Echocardiography and doppler imaging. In: Textbook of canine and feline cardiology. 2nd ed. Philadelphia: W.B. Saunders. 1999: 146-147.
- Nelson RW, Couto CG. Heartworm disease. In: Nelson RW, Couto CG, ed, Small animal internal medicine, 2nd ed, Mosby, St. Louis: 1998; 162-179.
- Palmer K G, King L G, Van Winkle T J. Clinical manifestations and associated disease syndromes in dogs with cranial vena cava thrombosis: 17 cases (1989-1996). *J Am Vet Med Assoc*, 1998; 213: 220-224.
- Rawlings CA, Calvert CA. Heartworm disease. In: Ettinger SJ, Feldman EC, ed. Textbook of veterinary internal medicine, 4th ed. Philadelphia: WB Saunders. 1995: 1046-1068.
- Rawlings CA, Lewis RE, McCall JW. Development and resolution of pulmonary arteriographic lesions in heartworm disease. *J Am Anim Hosp Assoc* 1980; 16: 17-21.
- Rawlings CA, Losonsky JM, Lewis RE, McCall JW. Development and resolution of radiographic lesions in canine heartworm disease. *J Am Vet Med Assoc* 1981; 178: 1172-1177.
- Rawlings CA, McCall JW, Lewis RE. The response of the canine's heart and lungs to *Dirofilaria immitis*. *J Am Anim Hosp Assoc* 1978; 14: 17-32.
- Tashjian RJ, Liu SK, Yarns DA, Das KM, Stein HL. Angiocardiography in canine heartworm disease. *Am J Vet Res* 1970; 31: 415-436.
- Thomas WP, Gaber CE, Jacobs GJ, Kaplan PM, Lombard CW, Moise NS, Moses BL. Recommendations for standards in transthoracic two-dimensional echocardiography in the dog and cat. *Vet Radiol Ultrasound* 1994; 35: 173-178.
- Thrall DE, Badertscher RR, Lewis RE, McCall JW, Losonsky JM. Radiographic changes associated with developing dirofilariasis in experimentally infected dogs. *Am J Vet Res* 1980; 4: 81-90.
- Thrall DE, Calvert CA. Radiographic evaluation of canine heartworm disease coexisting with right heart failure. *Vet Radiol* 1983; 24: 124-126.
- Yamane H, Matsumoto H, Oguchi Y, Masuda Y, Takashima K, Miyake Y, Kuno Y, Masada S, Oh J H, Sakai N, Yamane Y. Venae cavae syndrome of the dog to cardiac catheter examination was implemented 2 cases. *小動物臨床研究會 年次大會 症例発表 (Proceedings)*, 1995; 202-203.
- 其田三夫, 최희인. 임상증상을 기초로한 개의 질병. 서울: 샤론. 380-382.
- 김명철, 김중만, 김덕환, 강종일. 개에서 심장사상충증의 발

- 생 2례. 한국임상수의학회지 1999; 16: 235-238.
30. 김상기. 심장사상충의 방사선학적 진단. 한국임상수의학회지 1995; 12: 265-275.
31. 박인철, 강병규, 손창호. 진돗개에서 심장초음파 측정치의 평가와 임상적 응용 III. 심장사상충의 진단. 한국임상수의학회지 2000; 17: 194-204.
32. 이정치, 이채용, 신성식, 이정길. 독일세퍼드(German shepherd) 종에서 개심장사상충의 감염실태. 한국임상수의학회지 1996; 34: 225-231.