

심장초음파진단(기초편)

2-DE를 이용한 초음파진단

강원대학교 수의학부(대학) 영상진단학교실

박 인 철

1. 심장초음파검사의 역사와 필요성

심장초음파검사는 생체에 거의 침해를 주지 않으면서 실시간의 정보를 반복적으로 얻을 수 있어 수의 임상에서 널리 이용되고 있다. 또한 심장초음파검사법은 심장 내부의 모든 부분, 특히 판막을 포함한 각 구조물의 형태 및 움직임에 대한 정보를 제공하여 심장의 기능을 평가 할 수 있는 장점이 있어 동맥관개존증, 폐동맥협착증, 심실중격결손증 등의 선천성 심장질환 및 심장과 주위 혈관계의 종양, 심내막염, 심낭 내 낭종 등의 후천성 심장질환의 진단에 활용되고 있다(Cho 등, 1998; Boon, 1998; Fruchter, 1992; Lusk와 Ettinger, 1990; Lombard와 Spenser, 1985). 그리고 이들 질병의 정도와 병소의 위치에 대한 정보를 제공하기 때문에 수술적 접근과 치료에도 활용되어 그 유용성이 높게 평가되고 있다(Kerstetter 등, 1997; White 등, 1995; Brown과 Thomas, 1995).

초음파를 이용한 심장 구조물의 측정은 사람에서 먼저 시도된 이후(Feigenbaum, 1981) 수의 영역에서도 개(Bonagura, 1983), 고양이(Jacobs와 Knight, 1985) 뿐만 아니라 말(Stadler, 1993; Stewart 등, 1984), 소(Amory 등, 1991; Amory와 Lekeux, 1991), 양(Moses와 Ross, 1987) 및 돼지(Pipers 등, 1978) 등의 동물에 광범위하게 이용되고 있다.

개에 있어서 체중 또는 체표면적을 기준으로 한 심장초음파의 정상 측정치 지표를 마련하기 위한 노력은 다수의 연구자들에 의하여 보고되었고(O'Grady 등, 1986; Lombard, 1984b; Boon 등, 1983; Mashiro 등, 1976), 고양이에서도 많은 연구자들의 보고(Soderberg 등, 1983; Piper 등, 1979; Fox 등, 1988)가 있어 그 기준치를 심장질환의 진단에 이용하고 있다. 고양이의 경우는 체형과 체격의 차가 그다지 크지 않기 때문에 품종을 고려하지 않으나 개는 동일 체표면적 또는 체중일지라도 품종에 따라 심장 구조물의 크기에 차이가 있으므로 초음파 측정치를 평가 할 때는 품종도 고려 대상이 되어야 한다.

청진 시 이상음, 촉진시 비정상적인 떨림, 청색증, 복수 또는 흉수, 호흡곤란 등의 임상증상이 있으면 심장질환을 의심하게 되며 심전도와 방사선촬영으로 1차적인 진단을 하게 된다. 하지만 이러한 진단법으로는 심장과 심장주위의 대혈관계의 구조적 변화와 기능의 평가를 할 수 없기 때문에 심장 구조물의 단면을 확인할 수 있는 심장초음파검사가 필수적이다. 또한 심장초음파검사는 심장질환의 정도를 파악하고, 약물치료에 대한 반응 및 예후에 대한 정보를 얻을 수 있어서 심장질환이 있는 동물의 관리와 동물보호자와 상담과정에서 상세한 증세를 설명할 수 있어 높은 신뢰도를 얻게 된다.

심장초음파검사법으로는 B-mode(2-DE), M-mode, Doppler(spectral, color flow, tissue)등이 있다. 심장초음파검사는 B-mode로 시작해서 B-mode로 끝난다고 할 수 있을 만큼 중요하기 때문에 정확한 단면, 즉 검사하고자하는 구조물이 명확하게 관찰되는 단면을 얻는 것이 가장 중요하다. 따라서 여기에서는 B-mode(2-DE)를 중심으로 설명하고자 한다.



2. 심장초음파검사를 하기위해서 필요한 사항

①검사대

검사대는 횡와자세로 눕힌 개의 흉부를 아래에서 접근 할 수 있도록 구멍이 있거나 판의 일부분을 잘라낸 검사대가 많이 이용되고 있으며 재질은 합판이나 집속목 또는 아크릴판으로 제작한다. 개의 크기에 따라 사용할 수 있도록 검사대의 크기를 2~3종류로 준비하는 것이 좋으며, 처음 심장초음파를 연습할 경우는 검사자 자신의 손과 탐촉자(transducer)의 움직임을 관찰할 수 있는 투명한 재질의 아크릴판으로 제작하는 것이 좋다.

②검사 동물의 자세

가장 많이 활용되는 자세는 우측횡와(right lateral recumbency)와 좌측횡와(left lateral recumbency)자세이며 필요와 환측의 상태에 따라서 서있는 자세 또는 보호자가 안고 있는 자세 등을 이용하지만 익숙하지 않은 검사자에게는 정확한 단면을 얻기가 어려울 수 있으므로 검사대 위에 옆으로 누인 자세가 가장 바람직하다.

③초음파검사용 젤(coupling gel)

일반적으로 시판되는 초음파검사용 젤을 사용하며 젤의 양은 가능한 넉넉하게 사용하는 것이 좋은 영상을 얻을 수 있게 해주며 영상창 주위에 미리 초음파 젤을 발라두면 어느 정도 흡수되어 보다 나은 영상을 얻을 수 있다.

④영상창 주위의 전모

동물의 피모는 초음파영상을 나쁘게 할 수 있기 때문에 털이 밀생한 품종의 동물은 영상창 주위의 털을 깎을 필요가 있으나 피모가 긴 품종이나 보호자가 원하지 않을 경우에는 털을 좌우로 빗질하듯이 젓히고 초음파 젤을 충분히 바르면 검사가 가능하다. 털을 깎기 전에는 보호자에게 필요성을 설명하여 양해를 구한 다음 전모하는 것이 좋다.

⑤심장초음파검사에서는 가장 중요한 것은 정확한 단면, 즉 표준화된 단면을 얻는 것이다. 정확한 단면을 얻기 위해서는 다음의 몇 가지가 필요하다.

- 좁은 늑간을 통하여 심장을 관찰할 수 있는 탐촉자, 즉 sector 또는 microconvex transducer
- 검사하고자 하는 동물에 적절한 MHz를 가진 탐촉자
(7kg이하의 소형견과 고양이:7-8MHz, 중형견:5.0MHz, 50kg 이상:3.0-3.5MHz)
- 표준화된 단면을 얻을 수 있는 영상창과 그 영상창을 이용하여 정확한 단면을 얻을 수 있는 기초지식과 탐촉자 운용법
- 정상 동물의 초음파학적 심장 해부학 지식
- 질병에 따른 초음파적 변화상과 주된 질병양상
- 끊임없는 반복과 인내심 등



3. 심장초음파영상창(Acoustic window, Echo window)

초음파영상창은 심장초음파검사에서 사용하는 독특한 용어이다. 공기는 초음파를 많이 반사시키기 때문에 폐의 뒷면에 있는 장기에 대한 정보는 얻을 수가 없다. 따라서 흉곽 내에 공기가 가득 차있는 폐가 초음파 검사영역에 포함되지 않는 공간이 심장초음파검사를 할 수 있는 창이 되기 때문에 영상창이라 한다. 영상창은 흉골 옆(parasternal)의 늑연골 사이에 위치하는데 흉부의 우측과 좌측에 있는 영상창을 각각 우측영상창(left acoustic window)과 좌측영상창(left acoustic window)이라하며 좌측영상창은 두측(cranial)과 미측(caudal)영상창으로 분류한다. 영상창에 따라 서로 다른 단면을 얻을 수 있으며 검사하고자하는 심장 구조물이 가장 명료하게 관찰되는 단면을 얻을 수 있는 영상창을 선택하여야 한다. 따라서 다음에 소개되는 각 단면이 어느 영상창에서 얻어지는가를 기억하는 것도 중요하다. 영상창을 찾는 과정 속에서 많은 임상가들이 처음 시작할 때 교과서나 전문서적에 기술되어 있는 대로 체표에서 늑골의 수를 헤아려 찾으려하는데 실제 이러한 과정으로는 영상창을 찾는 것이 너무 번거롭다. 따라서 검사 동물을 횡와시킨 상태에서 흉골에 가까운 쪽의 늑골부를 손으로 만져 심장의 박동이 가장 강하게 느껴지는 지점을 기본적인 영상창이라고 생각하고 탐촉자를 대면 거의 대부분 심장의 움직임이 모니터 상에 나타난다.

①우측 측늑연골영상(right parasternal acoustic window)

-우측 4늑골 후연~6늑골 전연의 늑간부

②좌측 측늑연골영상창(left parasternal acoustic window)

-좌측두측 측늑연골영상창(left cranial parasternal acoustic window) : 좌측 3늑골후연~5늑골 전연의 늑간부

-좌측미측 측늑연골영상창(left caudal parasternal acoustic window) : 좌측 5늑골후연~7늑골 전연의 늑간부

4. 기본적인 심장초음파 단면과 구성

개와 고양이의 심장초음파단면은 1993년 Thomas 등이 Recommendations for standards in thoracic two-dimensional echocardiography in dogs and cats 이란 논문을 발표한 이후 표준화 되었으며 모든 심장초음파 전문서적과 논문에 활용되고 있다. 최근 단면과 구조물의 이름을 표기하는 것이 간략화 되면서 저자 또는 발표자에 따라 약간의 차이가 있으나 근본적인 단면의 구성이나 측정방법에는 차이가 없다. 따라서 여기에 표기하는 것은 Thomas 등의 표기법에 준하여 영문으로 표기하였으며, 국문 표현은 영문에 가장 근사한 용어로 옮겼다.

①4강장축단면(4-chamber long-axis view)

우측영상창에서 얻으며 필자의 경험으로는 손가락으로 흉골 근처의 늑연골부를 촉지하여 심장의 박동이 가장 잘 느껴지는 부위의 늑간 사이에 탐촉자를 위치시키면 쉽게 얻을 수 있다.

단면의 구성은 near field에 우심방과 우심실, far field에 좌심방과 좌심실이 장축으로 영상화되는데 심방 쪽이 우측에 위치하도록 한다. 좌심방의 우측 하단에 우폐동맥이 둥글게 관찰되며 폐정맥이 우심방에 가까운

쪽의 좌심방의 변연부에서 관찰된다. 이 단면은 가능한 심장이 장축으로 길게 영상화되어야하며, near field에 우심방과 우심실이 관찰되지만 우심실벽과 우심방벽은 명료하게 관찰되지 않는 것이 일반적이다. 이 단면에서 중요한 구조물은 심실중격과 심방중격, 승모판과 삼첨판이다.

이 단면은 승모판 변성 및 일탈(prolapse), 건삭단열, 심실중격결손, 심방중격결손, 심실과 심방에 존재하는 점거성병변의 진단에 유용하며 심방 및 심실의 확장, 심근 비대, 심낭액 저류 등의 진단에 이용되기도 한다. 개에서 정상적인 좌심실과 우심실의 단축직경의 크기는 좌심실의 직경이 우심실에 비하여 약 3배정도 크며, 심실중격과 좌심실자유벽(LV free wall)의 두께는 대략 같으며, 좌심방과 우심방의 크기도 비슷하다.

②좌심실유출로장축단면(left ventricular out flow tract long-axis view)

우측측능연골영상창에서 얻는데 필자의 경험으로는 4장축단면을 얻은 위치에서 탐촉자를 왼 손을 우측방향으로 약간 회전시키면서 탐촉자의 끝이 흉추골을 향하도록 약간 기울인 상태에서 좋은 단면을 얻을 수 있었다. 단면의 구성은 near field에 우심방과 우심실, far field에 좌심방과 좌심실 그리고 우심방과 좌심방 사이에 대동맥이 가로로 길게 장축으로 영상화되고 우측 하단에 우폐동맥이 둥글게 관찰된다. 이 단면은 가능한 심장이 장축으로 길게 영상화되어야하며 좌심실에서 대동맥으로 혈액이 흐르는 구조를 명확하게 관찰할 수 있어야한다. Near field에 우심방과 우심실이 보이지만 우심실?방의 벽은 명료하게 관찰되지 않는 경우가 많다. 이 단면에서 중요한 구조물은 승모판과 좌심실유출로, 대동맥판막, valsalva sinus, 상행대동맥의 일부이다.

이 단면은 승모판 변성 및 일탈(prolapse), 건삭단열, subaortic stenosis, aortic stenosis, supraaortic stenosis, 심실중격결손증의 진단에 유용하며 좌심방?실의 확장, 심근 비대, 심낭액 저류 등의 진단에 이용되기도 한다. 본 단면의 영상화 과정 속에서 유두근과 건삭(chordae tendinae)이 영상화 될 때는 유두근의 비대와 건삭단열을 진단하는데 도움이 되기도 한다. 또한 M-mode를 이용하여 좌심실의 수축능에 대한 정보를 얻고자 할 때 이용하기도 한다.

③건삭수준단축단면(chordae tendinae level short-axis view)

단축단면에서 가장 많이 활동되는 단면으로 유두근과 승모판을 연결하는 건삭수준을 단축으로 영상화시킨 것으로 M-mode를 이용하여 심장의 수축능을 평가 할 때 가장 많이 활용되는 단면이다. Near field에 우심실, 중앙부에 좌심실이 영상화되며 좌심실벽의 좌우에 유두근의 끝부분이 영상화될 때가 M-mode 측정에 가장 적절하나 심장의 크기가 작은 소형 애완견은 건삭수준을 기준하여 M-mode를 얻어도 승모판의 움직임이 동시에 영상화되는 경우가 많은데 이럴 경우는 승모판의 움직임이 적게 나타난 부위를 이용하여 측정하거나 조금 더 심첨부 쪽으로 이동하여 유두근수준에서 M-mode를 얻어 평가한다.

모든 심장초음파단면은 관찰하고자하는 대상 구조물을 수직으로 자른 단면을 요구하지만 특히 M-mode를 이용하여 심장 구조물의 두께와 내강의 크기 및 운동성을 평가하는 이 단면에서는 수직을 이루는 것이 중요하다.

이 단면은 우심실과 좌심실의 구조물의 변화, 즉 우?좌심실의 확장, 심실중격과 좌심실벽의 비후, 심실내벽의



echogenicity의 변화, 심장의 운동성 평가, 심실중격의 이상운동(paradoxical septal motion), 심낭액의 종류 등에 유용하게 이용된다.

④ 승모판수준단축단면(mitral valve level short-axis view)

승모판의 형태와 움직임을 관찰하는 단면으로 주로 M-mode를 이용하여 평가한다. 단면의 구성은 near field에 우심실, 그 아래쪽에 좌심실이 위치하며 좌심실 내강이 중앙부에 관찰된다. 수축기에는 승모판 전첨과 후첨이 맞닿았다가 이완기에는 서로 떨어지는 것이 관찰되는 단면이다. M-mode를 이용하여 평가하고자 할 때는 초음파 Beam line이 좌심실 내강의 중앙부를 수직으로 지나가게 위치시킨다. 확장성심근증일 때는 EPSS(E-point septal separation)의 수치가 정상치(개골든 레트리버): $0.1\sim 1.0\text{cm}$ 고양이: $0.04\pm 0.07\text{cm}$]보다 증가하고 비대성심근증의 경우에는 정상치보다 작게 측정된다. 물론 이 단면에서도 심근의 비대와 확장의 진단이 가능하지만 단축단면은 어느 하나의 단면을 이용하는 것이 아니라 선운동(fanning)을 이용하여 심첨에서 심기부까지 전반적으로 검사한 결과를 종합하여 진단한다.

⑤ 대동맥수준단축단면(aortic level short-axis view)

우측영상창에서 얻는다. 승모판수준단축단면에서 탐촉자를 심장의 기부쪽으로 향하게 선운동(fanning)을 하면 중앙부에 우관첨(right coronary cusp), 좌관첨(left coronary cusp), 무관첨(noncoronary cusp)으로 이루어진 대동맥판막이 관찰되는 단면을 얻을 수 있다. 이때 좌측 하단에 좌심방이 송편모양으로 영상화되게 하여 대동맥과 좌심방의 단축직경을 측정하여 좌심방의 확장 여부를 판단한다. 이 단면에서 좌심방 단축직경은 대동맥 직경의 1.5배 이내인 것을 정상의 기준으로 삼고 있다. 지금까지는 좌심실유출로장축단면에서 대동맥과 좌심방의 M-mode를 얻어 측정 평가하였는데 이 방법은 좌심방의 크기를 적게 평가된다는 이유로 근래에는 대동맥단축단면에서 평가한다. 이 단면을 이용하면 대동맥 판막의 형태적 이상을 진단할 수 있다.

⑥ 폐동맥수준단축단면(pulmonary artery level short-axis view)

우측영상창에서 얻으며 필자의 경험으로는 대동맥수준단축단면을 영상화시킨 위치에서 탐촉자를 더 기울여 초음파의 주사 방향이 척추(흉추골)를 향하도록 하는 과정에서 좋은 단면이 얻어진다. 단면의 구성은 대동맥이 화면의 중앙부, 우심실이 near field, 그리고 우심실유출로와 주폐동맥이 화면의 우측, 폐동맥분기부와 우폐동맥이 화면의 우측하단에서 하단쪽으로 영상화되는 단면이다. 이 단면은 우심실유출로의 협착, 폐동맥판의 변성, 폐동맥의 확장을 유발하는 질환인 심장사상충, PDA등의 진단에 유용하다. 우폐동맥은 대동맥 직경의 50~60%가 정상크기이다.

⑦ 심첨4강단면(apical 4-chamber view)

좌측 미측 측늑연골영상창(left caudal parasternal acoustic window)에서 얻을 수 있는데 가능한 심장의 길이 길게 영상화되도록 하는 것이 좋다. 단면의 구성은 화면의 near field에 심첨부가 영상화되며, 우측에 좌심실, 좌측에 우심실이 그리고 우측하단에 좌심방, 좌측하단에 우심방이 영상화되도록 한다. 이 단면은 좌우

심방 · 실의 크기비교와 승모판과 삼첨판의 형태적 변화 및 운동성을 평가하는데 유용하며 Doppler를 이용하여 심방과 심실사이를 오가는 혈류의 분석에 많이 사용된다.

⑧심첨5강단면(apical 5-chamber view)

좌측 미측 측능연골영상창(left caudal parasternal acoustic window)에서 얻을 수 있다. 필자의 경험으로는 심첨4강단면(Apical 4-chamber view)을 얻은 위치에서 손을 우측방향으로 약 20~25° 정도 회전시키고 주사되는 초음파의 방향이 흉추골을 향하도록 체축과 수평상태가 되도록 기울이는 과정에서 좋은 영상을 얻을 수 있다. 단면의 구성은 심첨부가 near field, 심기부가 far field에 영상화되며 화면의 우측에 좌심계, 화면의 좌측에 우심계, 중앙부에 화면 하단으로 대동맥이 길게 영상화된다. 이 단면은 좌심방에서 좌심실로 유입되는 혈류와 좌심실에서 대동맥으로 유출되는 혈류의 분석과 해당구조물의 형태적 변화를 관찰하는데 이용된다.

5. 질병에 따른 흉부방사선사진과 초음파단면상(증례소개)

- ①Mitral Valve Insufficiency : 승모판의 변성, 일탈, 좌심방 · 실의 확장, 폐정맥의 확장
- ②Tricuspid Valve Insufficiency : 삼첨판의 변성, 우심방 · 실의 확장, 심실중격의 이상운동
- ③Aortic Stenosis
 - Subvalvular Stenosis : 대동맥판 하부의 심실중격부의 용기, 심실중격과 좌심실벽의 비후, 좌심실내강의 축소, 좌심실내막면의 echogenicity 증가. 협착후부의 확장
 - Valvular Stenosis : 대동맥판막부위의 협착, 판막의 형태적 이상 및 운동이상, 심실중격과 좌심실벽의 비후, 좌심실내강의 축소, 좌심실내막면의 echogenicity 증가. 협착후부의 확장
 - Supravalvular stenosis: 대동맥판막 상부의 용기병변, 심실중격과 좌심실벽의 비후, 좌심실내강의 축소, 좌심실내막면의 echogenicity 증가. 협착후부의 확장
- ④Ventricular Septal Defect: 심실중격의 결손, 우심실의 확장
- ⑤Atrial Septal Defect: 일반적으로 좌⇒우 단락, 우심방의 확장
- ⑥Mass of Right Ventricle: 우심실의 확장, 심실 내 종괴의 확인
- ⑦Pericardial Effusion: 좌심실벽 바깥부분의 저에코~무에코성 물질, pericardial tamponade
- ⑧Pentalogy of Fallot: 심실중격결손, 심방중격결손, 대동맥기승, 좌심비대, 폐동맥협착소견
- ⑨Heartworm Infection: 폐동맥 내 고에코성의 2선상 음영, 우심방과 우심실에서도 관찰되며 이소기생의 경우 대정맥에서도 관찰, 폐동맥의 확장, 우심방 및 우심실의 확장, 드물게는 삼첨판폐쇄부전 소견
- ⑩Pulmonic Stenosis: 폐동맥판의 협착, 협착후부의 확장소견
- ⑪Patent Ductus Arteriosus: 폐동맥의 확장
- ⑫Thoracic Fluid: near field의 hypoechoic 또는 echo free 소견

참고문헌

Amory H, Jakvljevic S, Lekeux P. Quantitative m-mode and two dimensional echocardiography in calves. *Vet Rec* 1991; 128: 25~31.

Atkins CE, Badertscher II RR, Greenlee P, Nash S. Diagnosis of an intracardiac fibrosarcoma using two-dimensional echocardiography. *JAVMA* 1984; 20: 131~137.

Berg RJ, Wingfield W. Pericardial effusion in the dog: a review of 42 cases. *J Am Anim Hosp Assoc* 1984; 20: 721~730.

Bonagura JD. M-mode echocardiography: Basic principles. *Vet Clin North Am* 1983; 13: 299~320.

Bonagura JD. O'Grady MR, Herring DS. Echocardiography principles of interpretation. *Vet Clin North Am* 1985; 15: 1177~1194.

Boon JA, Wingfield WE, Miller CW. Echocardiographic indices in the normal dog. *Vet Radiol.* 1983; 24: 214~221.

Boon JA. Evaluation of size, function and hemodynamics. In: Boon J, ed *Manual of veterinary echocardiography*, 1st ed. Williams & Wilkins, 1998; 37~103.

Cho KH, Park NY, Park IC, Kang BK, Onuma M. Metastatic intracavitary cardiac aortic body tumor in a dog. *J vet Med sci* 1998; 60: 1251~1253.

Freeman LM, Michel KE, Brown DJ, Kaplan PM, Stamoulis ME, Rosenthal SL, Keene BW, Rush JE. Idiopathic dilated cardiomyopathy in Dalmatians: Nine cases (1990-1995). *JAVMA* 1996; 209: 1592~1596.

Henik RA. Echocardiography and Doppler Ultrasound. In: Miller & Tilley, ed *Manual of canine and Feline Cardiology*, 2nd ed, W.B. Saunders, Philadelphia: 1995; 75~107.

Jacobs G, Knight DH. M-mode echocardiographic measurements in nonanesthetized healthy cats: Effect of body weight, heart rate, and others variables. *Am J Vet Res* 1985; 46: 1705~1711.

Kienle RD, Thomas WP. Echocardiography. In: Nyland TG & Mattoon JS, ed Manual of Veterinary Diagnostic Ultrasound, 2nd ed, W.B. Saunders, Philadelphia: 2002; 354~418.

Lombard CW. Normal values of the canine M-mode echocardiogram. Am J Vet Res 1984b; 45: 2015~2018.

Lusk RH, Ettinger S. Echocardiographic techniques in the dog and cat. J Am Anim Hosp Assoc 1990; 26: 473~488.

Morrison SA, Moise NS, Scarlett J, Mohammed H, Yeager AE. Effect of breed and body weight on echocardiographic values in four breeds a dog of differing somatotype. J Vet Intern Med 1992; 6: 220~224.

O'Grady MR, Bonagura JD, Powers JD, Herring DS. Quantitative cross-sectional echocardiography in the normal dog. Vet Radiol 1986; 27: 34~49.

Oyama MA. Advances in echocardiography. Vet Clin Small Anim 2004; 34: 1083~1104

Pennick D, Anjou MA. Atlas of Small Animal Ultrasonography. Blackwell, Iowa: 2008; 151~216

Schelling CG. Radiology of the heart. In: Miller MS Tilley LP, ed Manual of canine and Feline cardiology 2nd ed, W.B. Saunders. Philadelphia: 1995: 17~45.

Sisson D, Thomas WP, Reed J, Atkins CE, Gelberg HB. Intrapericardial cysts in the dog. J Vet Int Med 1993; 7: 364~369.

Snyder PS, Sato T, Atkins CE. A comparison of echocardiographic indices of the nonracing, healthy greyhound to reference values from other breeds. Vet Radiol Ultrasound 1995; 36: 387~392.

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.

Thomas WP. Two-dimensional, real-time echocardiography in the dog. Vet Radiol 1984; 25: 50~64.

Thrall DE, Calvert CA. Radiographic evaluation of canine heartworm disease coexisting with right heart failure. *Vet Radiol* 1983; 24: 124~126.

White RW, Stepien RL, Hammond RA, Holden DJ, Torrington AM, Milner HR, Cobb MA, Hellens SH. Mitral valve replacement for the treatment of congenital mitral valve dysplasia in a bull terrier. *J Small Anim Pract* 1995; 36: 407~410.

萩尾光美. 小動物의 超音波 診斷(心臟). *小動物臨床* 1990; 9: 16-22

박인철 등. 진돗개에서 심장초음파측정치의 평가와 임상적 응용 II.
대동맥기부내경과 우폐동맥내경의 비교. *한국임상수의학회지* 2000; 17(1): 187~193