

# 심초음파 시작하기: 생초보를 위한 30분 속성과정

성균관대학교 의과대학 내과학교실

장 성 아

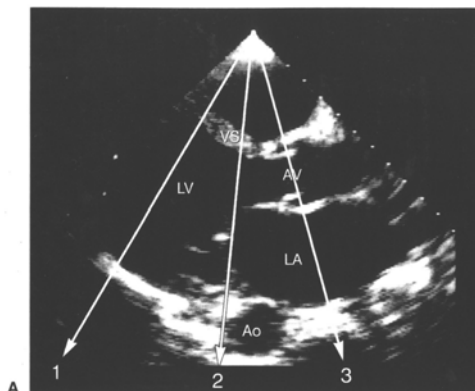
## 개 요

초음파는 가청영역인 16-20,000 Hz를 넘는 주파수를 갖는 음파(sound wave)의 일종으로, 본질적으로는 가청범위의 음파와 같다. 심초음파(echocardiography)에서는 2-5 MHz의 주파수가 흔히 사용된다. 초음파의 트랜스듀서(transducer) 내에는 압전결정체(piezoelectric crystal)가 있는데, 이는 초음파의 발생과 반사된 초음파의 수신에 사용된다. 초음파의 속도는 매질의 밀도에 의해 결정되는데, 초음파가 체내로 발사되면, 체내에서 서로 다른 acoustic impedance를 가진 두 물질의 경계면에서 일부는 굴절(refraction)되어 투과되고 일부는 반사(reflection)된다. 반사된 초음파는 기계에서 포착되며, 초음파 진단기는 그 시간을 거리로 환산하여 영상을 구성하게 된다.

## 심초음파도의 종류

### 1. M-mode 심초음파도

하나의 트랜스듀서로부터 일직선으로 발사된 초음파의 반향을 시간에 따라 기록지를 움직여가며 기록하는 것으로, 심초음파의 주사횟수가 높기 때문에 시간에 따른 변화를 관찰하기 좋다.



### 2. 이면성(2-dimensional) 심초음파도

초음파를 원추형(30-60°)으로 초당 30회 정도의 속도로 주사하여 직선상의 영상이 아닌 이차원의 단층영상을 얻는 방법으로, 구조적 변화를 관찰하는데 유리하다(excellent spatial resolution).

### 3. 도플러(Doppler) 심초음파도

#### 1) 도플러 효과

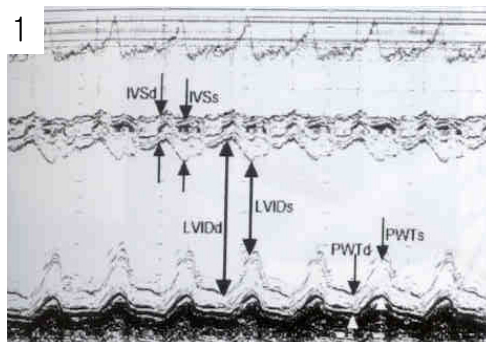
관찰자와 파원(wave source)의 움직임에 따라 음파의 주파수가 변화하는 현상이다. 즉, 구급차의 사이렌소리는 다가올수록 커지는데, 이는 관찰자와 파원의 거리가 가까워짐에 따라 음파의 주파수가 증가하기 때문이다.

#### 2) 도플러 효과의 심혈관계 이용

일정 주파수의 초음파를 심장에 보내면, 혈구에 부딪혀 반사된 초음파의 주파수가 발사된 주파수와 달라지게 되는데 이 차이를 주파수변위(frequency shift)라고 한다. 주파수변위는 혈구의 속도에 따라 변하므로, 도플러 공식에 의하여 움직이는 혈구의 속도, 즉 혈류속도를 알 수 있게 된다.

#### 3) Doppler 심초음파도의 방식에 따른 분류

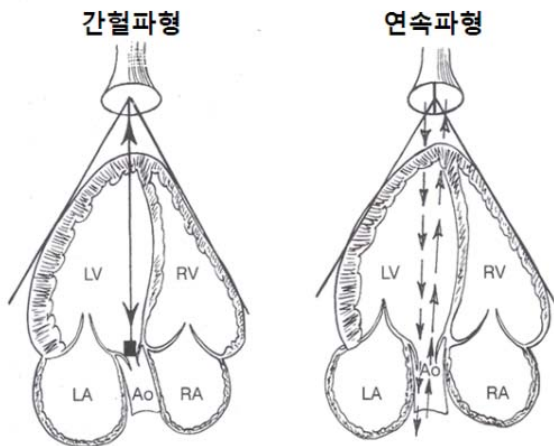
Doppler 심초음파에서는 초음파를 내는 방식에 따라 간헐



파형(pulsed wave) 도플러, 연속파형(continuous wave) 도플러, 색채(color) 도플러가 있다.

① 간헐파형 도플러: 초음파를 발사하고 원하는 위치에서 반사된 초음파를 포착한 후 다음 초음파를 발사하는 방식을 간헐파형 도플러라고 하는데, 이는 특정위치에서의 혈류속도를 측정할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 간헐적인 초음파의 발사로 인하여 측정할 수 있는 최대속도에 제한이 있는 것이 단점이다. 이 제한점을 넘을 경우 방향성이 모호해지는 aliasing이라는 현상이 일어나는데, aliasing 없이 측정할 수 있는 최대속도를 Nyquist limit이라고 한다. 이 Nyquist limit은 사용하는 초음파의 주파수와 초음파를 내는 횟수(pulse repetition frequency)에 좌우된다.

② 연속파형 도플러: pulse repetition frequency를 최대로 높은 경우를 연속파형 도플러라고 한다. 즉 한 곳에서는 계속적으로 초음파를 발사하고 다른 곳에서는 계속적으로 돌아오는 초음파를 분석하게 된다. 이렇게 pulse repetition frequency를 높일 경우 측정할 수 있는 최대속도의 제한은 없어지게 되나, 초음파가 지나가는 선상에 있는 모든 혈류의 속도를 기록하게 되어 위치에 따른 혈류속도의 차이를 알 수 없게 된다.



③ 색채도플러: 색채도플러는 간헐파형 도플러와 마찬가지로 원리로 특정위치에서의 혈류속도를 구한 다음 이를 그 위치에서 색으로 나타내는 도플러 기법이다.

#### 4) 도플러 심초음파도를 이용한 혈액학적 분석

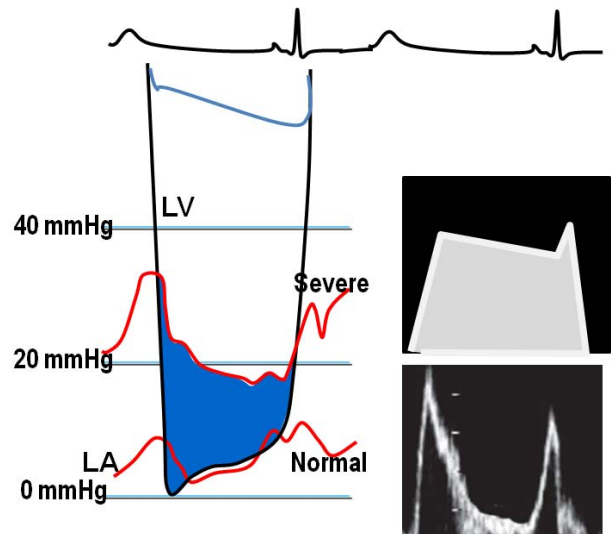
M-mode나 2D 심초음파도는 영상적인 진단이므로 해부학적 모양의 변화를 통해서만 진단이 가능한 반면, 도플러 심초음파는 혈액학적 정보를 주기 때문에 좀더 다양하고 정확한 진단이 가능할 뿐 아니라 도플러 계산을 통해 혈액학적인

정량적 분석도 가능해졌다.

① 혈류량에 대한 정보: 일정한 면적을 갖는 특정부위를 지나는 혈류의 속도를 알면, 혈류속도와 면적의 곱으로 혈류량을 알 수 있다. 예를 들면, 좌심실유출로의 면적과 혈류속도를 알면, 심박출량(cardiac output)을 계산할 수 있다. 그 밖에 단락률(shunt ratio), 역류율(regurgitant fraction) 등도 계산할 수 있다.

② 압력차에 대한 정보: 단순화된 Bernoulli의 정리를 이용하면, 협착원위부와 근위부의 압력차를 협착원위부와 근위부에서의 혈류속도로부터 구할 수 있다. 이때, 협착근위부의 혈류속도가 무시할 수 있을 정도로 작다면, 이를 더욱 단순화할 수 있다. 이런 정보는 대동맥판협착증, 승모판협착증 등의 질환의 진단과 중증도 평가에 유용하다.

단순화된 Bernoulli 공식:  $\Delta P = 4V^2$



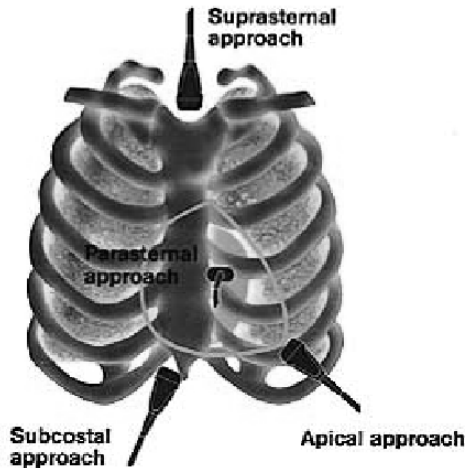
#### ③ 협착판막의 면적에 대한 정보

- Pressure half time: 방실판막(atrioventricular valve: 승모판, 삼첨판)의 협착이 있으면, 이완 초기 혈류속도의 감속이 느려지게 된다. 즉, 최대압력차일 시점부터 압력이 반으로 줄 때까지 걸리는 감속시간(pressure half time)과 협착면적과는 반비례관계를 가지고 있어, pressure half time을 통해 방실판막의 면적을 구할 수 있다(valve area = 220/pressure half time).

- Equation: 혈류의 연속성에 의해 협착 직전의 혈류량과 협착부위에서의 혈류량은 같은 순간에 동일하고, 각 부위에서의 혈류량은 면적과 혈류속도의 곱으로 나타낼 수 있으므로 협착부위의 면적은 협착 직전의 혈류량을 협착부위의 혈류속도로 나눈 값과 같다.

## 정상심초음파도

흔히 사용되는 표준적인 트랜스듀서의 위치는 흉골연(parasternal), 심첨부(apical), 늑골하부(subcostal), 흉골상부(suprasternal)이다. 각 부위에서 여러 단면영상을 얻을 수 있는데, 심장의 기저부에서 심첨부에 이르는 축을 따라 단면을 형성하는 것을 장축단면도(long-axis view), 그 직각으로 식빵 자르듯이 단면을 얻는 것을 단축단면도(short-axis view)라고 한다.



### 1. Parasternal view

트랜스듀서를 좌측흉골연의 제3 또는 제4 늑간에 놓고 영상을 얻는다. 이때, 환자는 왼쪽으로 돌아눕는다. *parasternal long-axis view*. 트랜스듀서를 우측어깨와 좌측옆구리를 잇는 선에 평행하게 놓는다. 화면의 앞쪽에 흉벽과 우심실, 우측에 대동맥과 좌심실, 좌측에 심첨부가 위치하게 된다. 좌심실의 sagittal section을 관찰할 수 있다. *parasternal short-axis view*. 트랜스듀서를 돌려 long-axis 방향의 수직으로 하면, 좌심실이 동그랗게 잘리는 단면을 얻게 된다.

#### 측정

흉골연에서는 좌심실, 좌심방, 대동맥의 내경과 좌심실벽 두께, 좌심실 박출계수 등을 측정한다.

- 좌심실 박출계수(ejection fraction: EF)

$$EF(\%) = \frac{(\text{심박출량} / \text{이완기말좌심실용적}) \times 100}{\left[ \frac{\{(LVIDd)^3 - (LVIDs)^3\}}{(LVIDd)^3} \right] \times 100}$$

$$EF(\%) = \frac{(\text{LV end diastolic volume} - \text{end systolic volume})}{\text{LV end diastolic volume}} \times 100$$

### 2. Apical view

환자를 왼쪽으로 눕힌 상태에서 트랜스듀서를 심첨부에 놓고 영상을 얻는다. 초음파 빔(beam)이 우측 견갑골을 향하도록 하면, 좌우심방과 심실의 단면을 한꺼번에 얻을 수 있는데, 이를 *apical 4-chamber view*라고 한다. 이때, 화면 위쪽에 심첨부, 아래쪽에 심기저부를 관찰할 수 있다. *apical 2-chamber view*, *apical long-axis view*를 차례로 얻을 수 있다.

### 3. Doppler 심초음파도

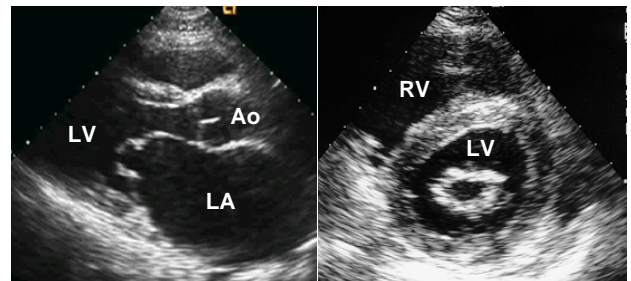
Doppler 심초음파도로 측정하고자 하는 곳의 혈류속도를 정확히 측정하기 위해서는 혈류의 방향과 초음파의 방향이 평행되어야 한다. 초음파의 방향과 혈류의 방향이 평행되지 않을 경우 혈류방향과 초음파가 이루는 각도의 cosine 값만큼 적은 속도를 얻게 된다.

Doppler 심초음파도는 혈류정보를 얻고자하는 곳에서 a. 정상혈류가 cardiac cycle에서 수축기 혹은 이완기에 일어나는가, 정상적인 혈류형태와 방향성을 가졌는가, b. 정상혈류 속도를 가졌는가를 평가해야하는데 방향성의 경우 탐촉자(probe)의 위치에 따라 정상여부를 판단해야한다.

## 대표적 심장질환에서의 심초음파도 소견

### 1. 승모판 협착증(mitral stenosis)

승모판막이 두꺼우며, 움직임이 저하되고, 석회화 및 소엽(leaflet)의 doming이 관찰된다. 이완기시 저항으로 인해 좌심방의 압력이 증가되고 확장된다. 좌심방 압력은 상승은 폐정맥 및 폐동맥고혈압을 유발시키며, 이로 인해 우심실기능 장애도 동반된다. 도플러를 통하여 승모판막을 통한 혈류속도의 증가를 확인할 수 있으며, 이를 통해 판구면적을 계산할 수 있다.



## 2. 승모판 폐쇄부전증

승모판막이 두꺼우며, 승모판막의 탈출(prolapse) 등에 의한 coaptation의 장애가 관찰되며, 색채도플러 영상에서 좌심방으로의 역류가 관찰된다. 간접소견으로 좌심실 및 좌심방의 확장이 관찰된다.

## 3. 대동맥판 협착증

대동맥판막의 비후, 석회화 및 운동저하가 관찰되며, 이차적 소견으로 좌심실비후가 동반된다. 도플러 상 대동맥판막을 통한 혈류속도의 증가가 관찰된다.

## 4. 대동맥판 폐쇄부전증

대동맥판막의 비후, copatation의 장애가 관찰되며, 색채도플러 영상에서 대동맥에서 좌심실로의 역류가 관찰된다. 간접소견으로 좌심실의 확장이 관찰된다.

## 5. 심방중격 결손증

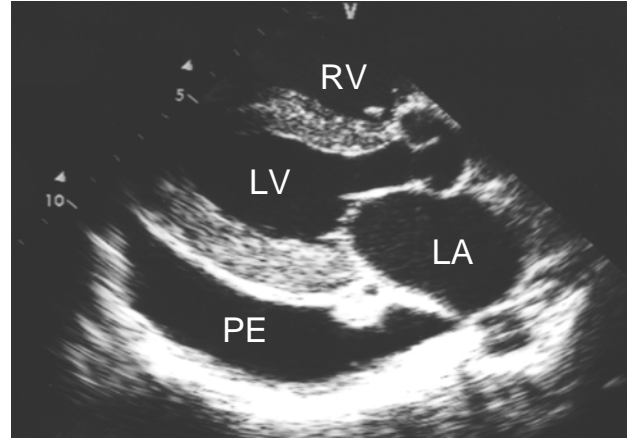
이면성심초음파에서 심방중격에 결손(defect)이 관찰되며, 이를 통한 혈류가 도플러 영상에서 관찰된다. 이차적 소견으로 우심실 및 우심방의 확장이 관찰된다.

## 6. 심실중격 결손증

이면성 영상에서 심실중격의 결손이 관찰되며, 이를 통한 고속의 혈류 jet가 도플러 영상에서 관찰된다. 이차적으로 좌심실의 확장이 관찰될 수 있다.

## 7. 심낭삼출

좌심실 후벽의 심외막과 심막 사이에 초음파 반향이 없는 공간이 관찰되며, 심한 경우 swinging heart가 관찰된다. 확장기 우심실 전벽의 함몰이 관찰되면, 심장눌림증(cardiac tamponade)으로 진단할 수 있다.



## 8. 확장성 심근증

모든 심실과 심방의 확장이 관찰되며, 좌심실 수축력의 저하가 뚜렷하게 관찰된다.

## REFERENCES

1. 이영우 편. 순환기학. 일조각 2001.
2. Braunwald E. "Heart Disease" A textbook of cardiovascular disease, 6th ed., Philadelphia, W.B.Saunders Co.
3. Oh JK, Seward JB and Tajik AJ. "The Echo Manual", 2nd ed., Philadelphia, Lippincott-Raven, 1999.