

도플러 심초음파도를 이용한 폐동맥 누두부 협착증에 관한 연구

경희대학교 의과대학 내과학교실

이규남 · 손경환 · 강홍선 · 조정휘 · 김권삼 · 김명식 · 송정상 · 배종화

= Abstract =

Doppler Echocardiography in the Diagnosis and the Estimation of the Severity of the Infundibular Pulmonic Stenosis

Kyu Nam Lee, M.D., Kyung Hwan Son, M.D., Heung Sun Kang, M.D.,
Chung Whee Choue, M.D., Kwon Sam Kim, M.D., Myung Shick Kim, M.D.,
Jung Sang Song, M.D., Jong-Hoa Bae, M.D.

*Division of Cardiology, Department of Internal Medicine, School of Medicine,
Kyung Hee University, Seoul, Korea*

Background : The diagnosis and estimation of severity of infundibular pulmonic stenosis (PS) is difficult by two-dimensional or M-mode echocardiography. In continuous wave(CW) Doppler signal valvular PS is seen as a parabolic velocity profile but infundibular PS is seen as a velocity signal with its peak in late systole. The purpose of this study is that Doppler echocardiography can discriminate valvular PS from infundibular PS and assess the severity of infundibular obstruction.

Method : Six patients with valvular and infundibular PS by Doppler echocardiography and cardiac catheterization were studied. All had been undergone surgery. We compared their Doppler echocardiographic and cardiac catheterization finding with surgical finding.

Result :

1) CW Doppler signal of infundibular PS had lesser peak velocity(2.84m/sec vs 4.33m/sec, $p<0.05$) and later systolic peak in velocity(AT/ET ratio : 0.73 vs 0.51, $p<0.05$) than that of valvular PS.

2) Pressure gradient across the infundibular obstruction measured by Doppler echocardiography correlated well with that by cardiac catheterization($r=0.89$, $p<0.05$).

3) Operation finding showed infundibular PS in 5 case but not one and coexisting other anomaly such as ASD in 4 case, TOF in 1 case, PAPVR in 1 case.

Conclusion : Doppler echocardiography is a useful noninvasive method for the diagnosis and the estimation of severity of infundibular obstruction in patient with PS.

KEY WORDS : Doppler echocardiography · Infundibular pulmonic stenosis · Valvular PS.

서론

‘폐동맥누두부’란 우심실의 실상능(crista supraventricularis)으로 부터 폐동맥관에 까지 이르는 우심실 유출로를 말하며 이 부위의 협착을 폐동맥관 협착증과 구분하여 폐동맥 누두부 협착증이라 한다¹⁾. 이 질환은 선천성 혹은 후천적으로 발생할 수가 있는데 선천성일 경우 단독으로 생기기 보다는 심실중격 결손증과 같은 다른 선천적 기형을 동반하는 경우와 심한 폐동맥관 협착증에 대한 이차적인 변화로 우심실이 비대되어 후천적으로 발생하기도 한다^{1,3)}.

이 질환은 M형 심초음파도 소견상 폐동맥관 후엽이 수축기 초기나 중기에 폐쇄되고, 누두협착의 원위부에 발생하는 난류성 혈류(turbulent blood stream)가 폐동맥관에 부딪치므로 폐동맥관의 조동(fluttering)이 나타난다. 그러나 폐동맥관 협착증이 동반되어 있거나 폐동맥관의 움직임이 제한되어 있는 경우에는 폐동맥관의 조동이 나타나지 않을 수도 있다¹⁻⁹⁾.

이면성 심초음파도의 흉골연 단축 단면도에서도 누두협착을 관찰할 수 있지만 간과하기 쉽고 기술적으로 관찰이 어려울 때가 있다. 따라서 M형이나 이면성 심초음파도 만으로는 누두협착의 진단 및 협착의 정도를 평가하기는 어렵다.

연속파형 도플러 심초음파도에서 폐동맥관 협착증의 혈류 소견은 좌우 대칭인 포물선의 형태이고, 폐동맥 누두부 협착증에서는 수축기 후기에서 최고 혈류속도를 관찰하여 폐동맥관 협착증과 폐동맥 누두부 협착증을 감별할 수 있다는 보고가 있다²⁾.

폐동맥관 협착증 환자에서 이차성 폐동맥 누두부 협착증에 대한 진단이 간과될 수 있어 저자들은 폐동맥관 협착증 환자에서 동반된 폐동맥 누두부 협착증의 유무 확인에 있어 도플러 심초음파도의 유용성에 대해 알아 보고자 하였다.

연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

연구대상은 1987년부터 1994년까지 경희대학교 의과대학 부속병원에 내원하여 도플러 심초음파도

와 심도자술과 수술을 시행하여 폐동맥관 협착증과 폐동맥 누두부 협착증의 소견을 보인 6명을 대상으로 하였다. 이 환자들은 호흡곤란, 청색증 등을 주소로 내원 하였다. 대상환자 중 여자가 4명, 남자가 2명이었고, 평균 나이는 19세(3~41세)였다. 이 환자들의 심초음파도와 심도자술 사이의 기간은 평균 15일 이었고, 심초음파도와 수술 사이의 기간은 평균 26일 이었다.

2. 연구 방법

1) Doppler 심초음파도 검사

Doppler 심초음파도는 IREX system II ultrascop의 3.0MHz 탐촉자와 Advanced Technology Laboratories사의 2.5MHz 탐촉자를 이용하여 환자를 좌와위로 눕힌 상태에서 이면성 및 M형 심초음파도를 시행하였고 흉골연 단축 단면도에서 우심실 유출로의 혈류의 간헐파형 및 연속파형 Doppler 심초음파도를 기록하였다. 연속파형 Doppler 심초음파도에서 수축기 시작부터 최고속도에 도달할 때까지의 Acceleration Time(AT) 과 수축기 전체 시간인 Ejection Time(ET)을 측정하였다(Fig. 1). 측정된 최고 혈류속도는 modified Bernoulli equation 공식을 이용하여 폐동맥관 협착증과 폐동맥 누두부 협착증의 압력차를 계산하였다.

2) 심도자술 검사

심도자술을 하기전에 환자들에게 진정제나 약한 마취제를 투여하였고 폐동맥에서 심도자를 빼면서 폐동맥압, 폐동맥 누두부압, 우심실압을 측정하였다. 각각의 부위에서 측정한 최고압과 최고압의 차이를 계산하여 도플러 심초음파도로 계산한 압력 차이와 비교하였다.

3) 수술 소견

환자들의 수술 소견으로 폐동맥 누두부 협착증 유무와 동반된 다른 심장기형을 확인하였다.

결과

1. 연속파형 도플러 심초음파도 소견

연속파형 도플러에서 폐동맥관 협착증의 최고 혈류속도는 평균 4.33m/sec 이었고, 폐동맥 누두부 협착증의 최고 혈류속도는 평균 2.84m/sec이었다

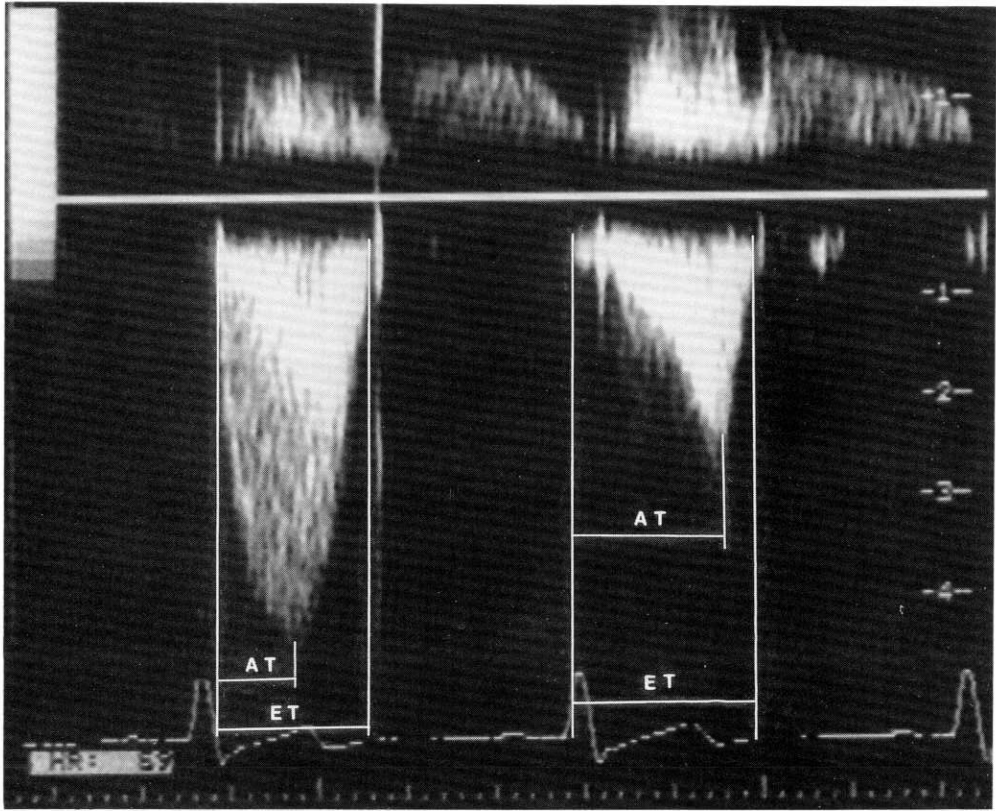


Fig. 1. Continuous wave Doppler signal of valvular and infundibular pulmonic stenosis. Left signal shows a parabolic flow velocity signal of valvular PS superimposed by infundibular PS in which a peak velocity occurs in late systole. Right signal shows only infundibular PS.
AT : Acceleration time, ET : Ejection time

($p < 0.05$). 또 폐동맥관 협착증의 파형은 좌우 대칭인 포물선 형태이고 폐동맥 누두부 협착증의 파형은 후기 수축기 때 최고 속도에 이르는 특징적인 형태를 보여 쉽게 구별할 수가 있었고, 이들의 AT/ET ratio는 각각 평균 0.51, 0.73으로 폐동맥 누두부 협착증에서 통계적으로 의미있게 더 높았다 ($p < 0.05$)(Fig. 1)(Table 1).

2. 도플러 심초음파도로 계산한 압력차와 심도자술로 측정한 압력차의 비교

심도자술로 측정한 폐동맥과 폐동맥 누두부의 압력차와 도플러로 계산한 폐동맥 누두부의 압력차를 비교하였을 때 도플러로 계산한 압력차가 심도자술로 측정한 압력차보다 다소 낮았으나 의미있는 상관관계가 있었다($r = 0.89$, $p < 0.05$)(Fig. 2, 3)(Table 2).

Table 1. Comparison of doppler velocity spectrum in valvular and infundibular PS

	Valvular PS	Infundibular PS
Peak velocity(m/sec)	4.33	2.84*
AT/ET	0.51	0.73*

AT : Acceleration time, ET : Ejection time

* $p < 0.05$

3. 수술 소견

수술로서 확인된 동반된 다른 심장기형은 심방 중격 결손증이 4예, 팔로4징 증후군이 1예, 부분 정맥 환류이상 1예였고, 2예에서는 폐동맥관 협착증과 폐동맥 누두부 협착증만 있었다. 수술 소견상 5예에서는 누두비대에 의한 폐동맥 누두부 협착증이 확인되어 이중 4예에서는 누두 절제술 및 우심실 유출로 재건술을 시행하였고 1예에서는

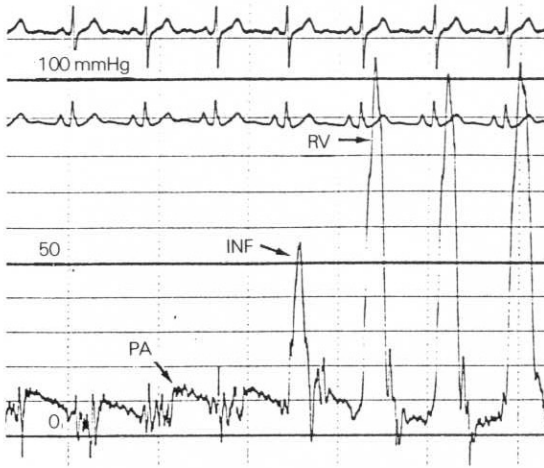


Fig. 2. Cardiac catheterization reveals infundibular pressure in same patient that Doppler finding was seen in Fig. 1.
PA : pulmonary artery, INF : infundibulum, RV : right ventricle

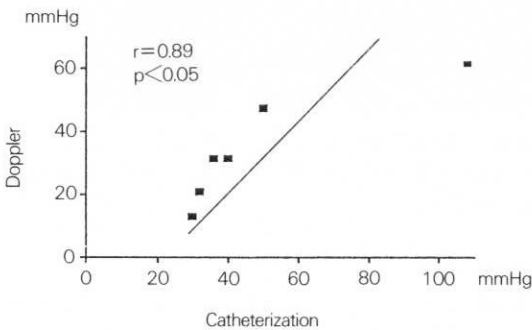


Fig. 3. Comparison of infundibular pressure gradient by doppler echocardiography and catheterization.

누두 절제술만 시행하였으나 1예에서는 누두협착 소견이 없었다(Table 2).

고 안

폐동맥 누두부 협착증은 M형이나 이면성 심초음파도로는 진단이나 협착의 정도를 평가하기는 어렵다. 도플러 심초음파도는 심장의 협착부위를 통과하는 혈류의 영상을 얻을 수 있어 압력차를 계산하여 협착의 정도를 평가할 수 있는 비침습적인 검사방법으로 알려져 있는데 폐동맥 누두부 협착증의 도플러 심초음파 소견에 대한 보고는 매우

Table 2. Doppler, catheterization and operation findings of study patients

Patients	Peak velocity (m/sec)		Pressure (mmHg)			Op.finding
	V	I	PA	INF	RV	
1.	5.0	3.9	12	120	150	ASD, PS(V, I)
2.	5.0	1.8	20	50	105	ASD, PS(V)
3.	4.4	2.8	20	56	105	PS(V, I)
4.	3.4	2.3	20	52	106	PS(V, I)
5.	3.8	3.4	20	70	110	TOF, ASD, PS(V, I)
6.	4.3	2.8	15	55	70	ASD, PAPVR, PS(V, I)

V : Valvular PS, I : Infundibular PS,
PA : Pulmonary artery INF : Infundibulum,
RV : Right ventricle

적다⁵⁾. 폐동맥관 협착증은 fixed obstruction이므로 수축기 중간에 혈류의 속도가 최고로 높아서 연속파형 도플러에서 좌우 대칭인 포물선 형태의 파형이 나타나고, 폐동맥 누두부 협착증은 누두비대에 의한 fixed obstruction에 역동적인 요소가 동반되어 우심실 유출로가 가장 좁아지는 수축기 후기에 혈류의 최고속도가 나타나는 특징적인 파형을 보이므로 서로 쉽게 구별될 수 있다³⁾.

도플러 심초음파를 이용한 협착 부위의 압력차 계산은 협착 부위를 통과하는 혈류의 최고속도를 측정하고 이것을 modified Bernoulli equation에 적용하여 구하는데 이렇게 해서 계산한 압력차와 심도자술로 측정한 압력차와는 의미있는 상관관계가 있음을 보고하고 있고 협착 부위가 길거나 한 군데 이상인 폐동맥 누두부 협착증의 경우에도 이것이 적용될 수 있다고 한다⁷⁾.

본 연구의 대상환자 중 1예에서는 도플러 심초음파와 심도자술에서 폐동맥 누두부 협착증의 소견이 보였으나 수술 소견상 누두협착이 없었다. 이 환자는 심방증격 결손증이 동반되어 있었고 폐동맥관 협착증이라는 fixed obstruction이 있었기 때문에 형태학적으로는 누두협착이 없었으나 우심실 유출로를 통과하는 혈류량이 증가되어 상대적으로 누두협착의 소견이 보였을 가능성이 있다. 일반적으로 폐동맥관의 수축기 잡음은 호기시에 커지지만 fixed obstruction이 있을 경우에는 이변화는 반대가 되어 우심실 유출로를 통과하는 혈류량이 증가하는 흡기시에 협착의 정도가 커진다⁸⁾. 또 다른 가능성은

이 환자에서 폐동맥 누두부를 통과하는 혈류의 속도가 가장 낮았는데 누두협착의 정도가 경미하여 수술시 외과 의사가 간과하였을 수도 있다고 생각한다.

도플러 심초음파도로 협착부위를 통과하는 혈류의 속도를 정확히 측정하기 위해서는 초음파의 방향과 유출로 혈류방향이 평행하게 되어야 한다. 본 연구에서는 도플러로 계산한 압력차이가 심도자술로 측정한 압력차이보다 약간 낮았다. 이 이유는 폐동맥관 협착증일 경우 협착의 부위가 짧으므로 협착부위를 통과할때 viscous friction에 의한 에너지 손실이 적지만 폐동맥 누두부 협착증에서처럼 협착부위가 길어지게 되면 viscous friction에 의한 에너지 손실이 더 많아지게 되어 실제의 압력차이는 도플러 심초음파도로 계산한 압력차이에 소실된 viscous friction에 의한 에너지를 더해야 하는데 Bernoulli equation에서는 이것을 무시하기 때문이다¹⁰⁾. 또 한가지 가능한 이유는 협착이 심하면 협착부위를 통과하는 혈류가 eccentric jet를 일으키므로 ultrasound beam이 혈류에 평행하게 되기가 어렵기 때문이라고 생각한다⁵⁾. 그리고 또 혈류의 속도가 너무 적을때도 Bernoulli equation에서 무시하는 viscous friction에 의한 에너지 손실이 상대적으로 커지기 때문이다⁴⁾.

연속파형 도플러는 depth resolution이 없기 때문에 협착부위를 정확히 알지 못하는 단점이 있고 간헐파형 도플러는 협착부위를 정확히 알지만 혈류의 속도가 1.7m/sec 이상은 측정을 못하는 단점이 있는데 high pulse repetition frequency 도플러를 사용하면 좀더 높은 속도를 측정할 수 있다⁷⁾.

누두협착의 길이가 짧은 경우에 심도자를 뺄때 세심한 주의를 기울이지 않으면 누두부 압력을 측정하지 못하여 누두협착을 놓칠 수가 있는데 이때 도플러 심초음파는 심도자술 전 누두협착에 대한 정보를 제공할 수 있고 또한 도플러 심초음파는 우심실 유출로가 심하게 좁아져 심도자가 협착부위를 통과하지 못하는 경우에도 안전하게 압력차를 측정할 수 있으므로 상호 보완적으로 이용할 수 있다⁷⁾.

본 연구의 대상환자 중 팔로4징 증후군을 제외한 5예에서는 폐동맥관 협착증으로 인해 보상적으로 우심실 유출로가 비대되어 폐동맥 누두부 협착증이

합병된 것으로 생각되는데 이 경우 폐동맥관 협착증을 수술로 제거하면 대개는 누두비대가 감소하지만 수술전 우심실압이 100mmHg 이상일 때는 폐동맥관 협착증이 제거되어도 누두비대가 호전되지 않는 경향이 있으므로 누두제거술 및 우심실 유출로 재건술이 필요하다고 한다¹¹⁾. 그러므로 폐동맥관 협착증이 있을 때 수술전 폐동맥 누두부 협착증의 합병유무를 아는 것은 중요하다.

본 논문에서는 폐동맥관 협착증이나 다른 선천적 기형이 있을 때 폐동맥 누두부 협착증의 평가에 있어서 비침습적인 방법으로 도플러 심초음파도의 유용성에 대해 알아 보았는데 이들 환자에서 심초음파도를 시행할 때 이런 관점을 간과하지 말고 유심히 관찰하는 것이 중요할 것이라고 생각된다.

요 약

연구배경 :

폐동맥 누두부 협착증은 M형 및 이면성 심초음파도로는 진단 및 정도를 평가하기가 어려운데 도플러 심초음파도상 특징적인 파형이 보이고 혈류의 속도로서 협착의 정도를 평가할 수 있는데 이 질환의 진단 및 협착정도의 평가에 도플러 심초음파도의 유용성에 대해 알아보고자 하였다.

방 법 :

도플러 심초음파도와 심도자술에서 폐동맥관 협착증과 폐동맥 누두부 협착증의 소견이 보이고 수술까지 시행한 6명을 대상으로 하여 그들의 도플러 심초음파도 파형을 비교하였고, 도플러 심초음파도로 계산한 폐동맥 누두부 협착증의 압력차와 심도자술로 측정한 압력차와의 상관관계를 알아보았다. 수술 소견으로 폐동맥 누두부 협착증과 동반된 다른 심장기형을 확인 하였다.

결 과 :

1) 폐동맥관 협착증의 최고 혈류속도는 4.33m/sec이었고 폐동맥 누두부 협착증의 최고 혈류속도는 2.84m/sec이었다($p < 0.05$). 그리고 폐동맥 누두부 협착증의 AT/ET ratio는 0.73으로 폐동맥관 협착증의 0.51보다 통계학적으로 의미있게 높았다($p < 0.05$).

2) 도플러 심초음파도로 계산한 폐동맥 누두부 협착증의 압력경사와 심도자술로 측정한 압력경사

사이에는 의미있는 상관관계를 보였다($r=0.89$, $p<0.05$).

3) 수술 소견상 1예를 제외한 5예에서 누두협착이 있었고, 동반된 다른 심장기형은 심방중격 결손증이 4예, 팔로4징 증후군이 1예, 부분 정맥 환류이상인 1예였다.

결 론 :

도플러 심초음파도는 폐동맥 누두부 협착증의 진단 및 정도 평가에 유용한 비침습적인 방법이라고 생각되며 특히 폐동맥관 협착증과 동시에 존재할 때 이를 감별하는데 많은 도움을 줄 것으로 기대된다.

References

- 1) Weyman AE : *Principles and Practice of Echocardiography*. 2nd Ed, p885, Philadelphia, Lea and Febiger, 1994
- 2) Wilde P : *Cardiac ultrasound*. p95, New York, Churchill Livingstone, 1993
- 3) Feigenbaum H : *Echocardiography*. 5th Ed, p361, Philadelphia, Lea and Febiger, 1994
- 4) Carlos OL, David JS, Lilliam MV, Stanley JG, Jesus VB, Hugh DA, Ehud G : *Noninvasive prediction of transvalvular pressure gradient in patients with pulmonary stenosis by quantitative Two-dimensional echocardiographic Doppler studies*. *Circulation* 67 : 866-871, 1983
- 5) Gregoly LJ, Kwan OL, Sharon H, Jacqueline AN, DeMaria AN : *Accuracy of combined two-dimensional echocardiography and continuous wave Doppler recordings in the estimation of pressure gradient in right ventricular outlet obstruction*. *J Am Coll Cardiol* 3 : 1013-8, 1984
- 6) Silove ED, Giovanni JV, Shiu MF, Myint MY : *Diagnosis of right ventricular outflow obstruction in infants by cross sectional echocardiography*. *Br Heart J* 50 : 416-20, 1983
- 7) Houston AB, Simpson IA, Sheldon CD, Doig WB, Coleman EN : *Doppler ultrasound in the estimation of the severity of pulmonary infundibular stenosis in infants and children*. *Br Heart J* 55 : 381-4, 1986
- 8) Peter M, Carla W, David R, Graham L, Ernest C, Aubrey L : *Non-invasive diagnosis of subpulmonary outflow tract obstruction*. *Br Heart J* 43 : 276-283, 1980
- 9) Weyman AE, Dillon JC, Feigenbaum H, Chang S : *Echocardiographic differentiation of infundibular from valvular pulmonary stenosis*. *Am J Cardiol* 36 : 21-6, 1975
- 10) Teiretein PS, Yock PG, Popp RL : *The accuracy of Doppler ultrasound measurement of pressure gradients across irregular, dual, and tunnellike obstruction to blood flow*. *Circulation* 72 : 577-584, 1985
- 11) Yasuda I : *Pulmonary stenosis with intact ventricular septum ; assessment and indication of reconstructive surgery for residual right-ventricular outflow tract obstruction*. *Thorac Cardiovasc Surg* 39 : 143-9, 1991