

## 심초음파를 이용한 좌심실 이완기능의 평가

<sup>1</sup>가천대 길병원 심장내과, <sup>2</sup>가천대학교 의과대학 심장내과

최하늘<sup>1</sup> · 신미승<sup>1,2</sup>

### Echocardiographic Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function

Hanul Choi<sup>1</sup> and Mi-Seung Shin<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Division of Cardiology, Department of Internal Medicine, Gachon University Gil Medical Center, Incheon;

<sup>2</sup>Division of Cardiology, Department of Internal Medicine, Gachon University College of Medicine, Incheon, Korea

#### 서 론

최근 인구의 고령화로 인해 심부전의 유병률이 증가하고 있으며 그 중 좌심실 이완기능 장애로 인한 심부전 환자가 절반 정도를 차지하는 것으로 알려져 있다[1]. 또한 좌심실 이완기능 장애는 심혈관 질환의 강력한 예측 인자로 알려져 있으며[2] 최근 그 중요도가 부각되고 있는 실정이다. 따라서 이완기 기능을 정확히 평가하여 진단하는 것이 중요하며, 이와 같은 심장 이완기능의 평가에 있어서 심초음파검사는 임상에서 간편하게 이용할 수 있는 중요한 진단 방법이다. 심초음파검사를 이용한 좌심실 이완기능의 평가는 이면성(2 dimensional, 2D) 영상과 도플러를 이용한 여러 지표를 종합적으로 평가하여 이완기능 장애의 단계 및 좌심실 충만압의 상승 여부를 판단하는 과정을 포함한다[3]. 그러나 이들 지표는 연령과 기저 심장 질환 등에 영향을 받고 검사 과정에서 개개의 환자에게 모두 적용하기 어려운 지표들이 있기 때문에 이에 대해 판단하고 해석하는 복잡한 과정을 필요로 하게 된다. 최근 이러한 복잡함을 간소화하기 위한 노력으로 미국심초음파학회와 유럽심혈관영상학회에서 새로운 가이드라인

(American Society of Echocardiography/European Association of Cardiovascular Imaging [ASE/EACVI] guidelines 2016)이 발표되었으나[4] 여기에 제시되어 있는 지표 역시 모든 환자에게 일률적으로 적용하기 어려운 한계를 가지고 있다.

#### 좌심실 이완기능의 평가

좌심실 이완기능의 평가는 임상 정보, 심박수, 혈압, 기본 심장박동 리듬 그리고 좌심실 용적과 좌심실 벽 두께, 좌심실 박출률, 좌심방 용적, 승모판 질환의 여부와 심한 정도에 대한 2D 심초음파 영상과 도플러 소견을 종합하는 과정을 거치게 된다. 특히 검사 과정에서 도플러 신호의 적합성을 판단하고 각각의 지표를 얻는 과정에서 그 지표를 해당 환자에게 적용하는데 제한점이 있는지 파악하여 부적합한 소견을 제외하는 것이 중요하다[4]. 측정 값 하나가 정상 범위에 있다고 하여 이완기능이 정상이라고 단정지을 수는 없으며 임상 소견과 여러 가지 심초음파 측정 값을 종합하여 해석하여야 한다. 또한 검사 시행자가 혈액학적 값에 대한 정확한 이해를 가지고 측정된 각각의 변수가 믿을 만한 값인지 판단

Correspondence to Mi-Seung Shin, M.D., Ph.D.

Division of Cardiology, Department of Internal Medicine, Gachon University Gil Medical Center, 21 Namdong-daero 774beon-gil, Namdong-gu, Incheon 21565, Korea

Tel: +82-32-460-3663, Fax: +82-32-469-1906, E-mail: msshin@gilhospital.com

Copyright © 2017 The Korean Association of Internal Medicine

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

하고 적용하는 것이 매우 중요하다.

## 좌심실 이완기능 장애의 진단

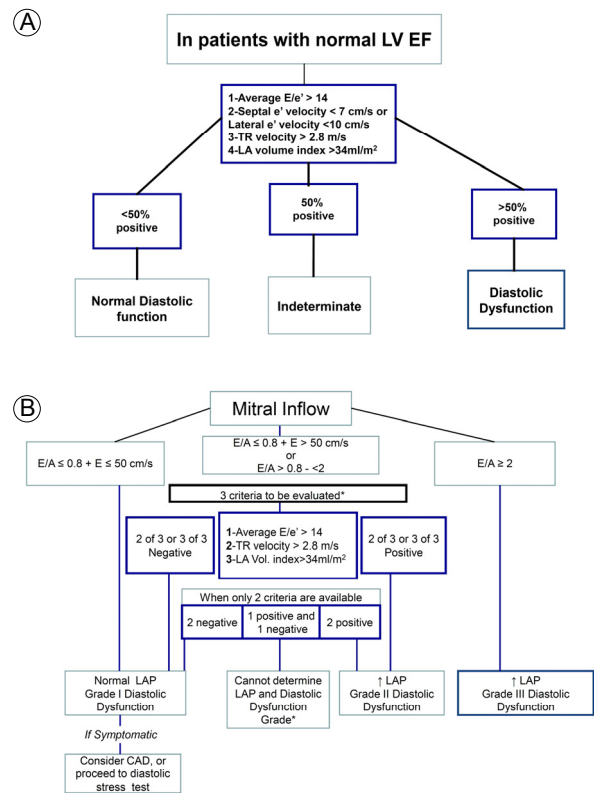
좌심실 이완기능 장애는 좌심실 복원력(restoring force)과 초기 이완기 흡입(early diastolic suction)의 감소가 동반되거나 동반되지 않은 상태의 좌심실 이완(relaxation) 장애와 좌심실의 경직도(stiffness)가 증가되어 생긴 결과이고, 이러한 변화는 심장의 충만압을 증가시킨다. 정상인과 이완기능 장애를 가지고 있는 사람 사이에 도플러 측정 값들이 중복되는 구간이 있기 때문에 이완기능을 정상과 비정상적으로 나누는 것은 매우 복잡한 일이다. 게다가 정상적인 노화과정에서 좌심실의 이완 시간이 느려지는 특징을 가지므로 이완기능 장애와 연령의 연관성을 항상 고려하여야 한다[5,6].

정상 좌심실 박출률을 보이는 환자에서, 특히 고령 환자의 이완기능 장애는 좌심실의 경직도가 증가되고 심근 이완이 느려지는 것과 관련이 있다[7]. 초기 이완기 승모판 유입혈류 속도(early diastolic mitral inflow velocity, E)/후기 이완기 승모판 유입혈류 속도(late diastolic mitral inflow velocity, A)의 비율과 초기 이완기 승모판류 조직속도( $e'$ ) 값의 감소가 이를 반영하지만 연령과 일관성 있는 관계를 나타내지 못하였다. 그러나  $E/e'$  값이 14를 초과하였을 경우 정상인에서는 매우 드물기 때문에 연령과 관련 없이 이상 소견을 반영한다[8]. 승모판 유입혈류 속도를 평가할 때 거짓 정상충만(pseudonormal filling) 여부를 E, A 값만으로 감별하기 어려운 데 발살바조작(Valsalva maneuver)을 이용하여 E/A 값이 50% 이상 감소하는 것을 확인하면 좌심실 충만압이 상승되어 있음을 알 수 있으며 이는 특이도가 높은 소견이다[3,9]. 또한 폐정맥에서의 도플러 값이 좌심실 충만압을 반영하는데, 좌심방이 수축할 때 좌심방에서 폐정맥으로 역류되는 혈류(Ar)의 지속시간에서 승모판 유입혈류인 A 지속시간을 뺀 값( $Ar-A$ )은 좌심실 이완기말 압력(left ventricular end-diastolic pressure)과 이완기능 장애를 반영한다. 폐 질환을 배제하였을 때 폐동맥 수축기압이 상승할 경우 연령과 관련 없이 좌심실 충만압의 증가를 반영하고 좌심방의 크기 증가도 만성적인 좌심방압의 상승을 반영한다[3].

M형 심초음파검사서 승모판륜의 수축기 이동 값(mitral annular plane systolic excursion), 승모판륜 수축기 조직속도(tissue Doppler-derived mitral annulus systolic velocity) 및 좌심실의 전반적인 종축 변형(global longitudinal strain, GLS) 값을

통해 좌심실 종축 수축기능(left ventricular longitudinal systolic function)을 평가하고 심근기능 이상을 확인할 수 있으며, 수축기능 저하는 결국 이완기능 저하와 관련이 있으므로 이를 반영하여 이완기능을 평가할 수 있다[10].

좌심실 이완기능을 평가할 때 많이 사용하는 네 가지 지표와 비정상 값은 다음과 같아서, 1) 승모판륜  $e'$  값, 중격측(septal)  $e' < 7$  cm/sec, 외측(lateral)  $e' < 10$  cm/sec, 2) 평균  $E/e' > 14$ (외측  $E/e' > 13$ , 중격측  $E/e' > 15$ ), 3) 좌심방 최대 용적지수(volume index)  $> 34$  mL/m<sup>2</sup>, 4) 최고 삼첨판 역류(tricuspid regurgitation, TR) 속도  $> 2.8$  m/sec이다(Fig. 1). 이



(\* : LAP indeterminate if only 1 of 3 parameters available. Pulmonary vein S/D ratio  $< 1$  applicable to conclude elevated LAP in patients with depressed LV EF)

**Figure 1.** (A) Algorithm used for diagnosis of LV diastolic dysfunction in subjects with normal LVEF. (B) Algorithm used for estimation of LV filling pressure and for grading LV diastolic function in patients with depressed LVEFs and patients with myocardial disease and normal LVEF after consideration of clinical and other 2D data (modified from [4]). LV, left ventricular; LVEF, left ventricular ejection fraction;  $E/e'$ , early diastolic mitral inflow velocity/early diastolic mitral annular tissue velocity; TR, tricuspid regurgitation; LA, left atrial;  $E/A$ , early diastolic mitral inflow velocity/late diastolic mitral inflow velocity; LAP, left atrial pressure; CAD, coronary arterial disease.

중 세 가지 지표 이상이 정상 수치라면 이완기능이 정상이라고 간주할 수 있으며, 세 가지 지표 이상이 비정상 수치라면 이완기능 장애라고 볼 수 있다. 두 가지 지표만 비정상 수치에 해당되는 경우에는 결론을 내릴 수 없다[4].

### 이완기능 장애의 단계와 좌심실 총만압의 평가

이완기능 장애의 단계를 평가하는데 중요한 요소는 승모판 혈류속도(mitral flow velocities), 승모판륜  $e'$  값,  $E/e'$  값, 최고 TR 속도 및 좌심방 최대 용적지수이다. 보조적으로 폐정맥 혈류속도와 좌심실 GLS 값이 이용될 수 있다. 가이드라인(ASE/EACVI guidelines 2016)에서 제시한 알고리즘은 평균 좌심방압을 평가하기 위해 지표들을 사용하였으며 심방 세동, 유의한 승모판막 질환, 좌각차단, 심박동기의 사용 등을 배제한 상황에서 평가할 수 있다. 좌심실 박출률이 저하된 환자에서는 좌심방압이 상승되었는지 알아보기 위해 보통 승모판 유입혈류 패턴이 충분하고 E 속도의 감속시간(deceleration time, DT)이 예후의 중요한 예측 인자이지만, 좌심실 박출률이 보존된 환자에서는 2D 변수를 포함한 여러 가지 지표들이 좌심방압을 평가하기 위해 필요할 수 있다.

좌심실 박출률이 저하된 환자나 박출률이 정상이면서 심근 질환이 있는 환자에서는  $E/A$  값이 0.8 이하이고 최고 E 값이 50 cm/sec 이하일 때 평균 좌심방압은 정상이거나 낮고 I 단계 이완기능 장애(grade I diastolic dysfunction)라고 평가할 수 있다. 이들에서  $E/A$  값이 2 이상이면 평균 좌심방압이 상승되어 있고 III 단계 이완기능 장애(grade III diastolic dysfunction)라고 할 수 있으며 이런 환자에서는 DT 값이 160 msec 미만으로 감소되어 있는 것을 관찰할 수 있다. 그러나 E 값이 120 cm/sec를 초과하는 환자에서는 높은 E 값이 감속하는데 시간이 오래 걸려서 DT 값이 160 msec 이상 측정되는 경우도 있다. 최근 심장율동전환(cardioversion)을 시행한 환자에서는 A 값이 작게 측정되기 때문에  $E/A$  값이 2 이상 나올 수 있어 DT 값으로 평가하여야 할 수도 있다. 또한 40세 미만의 환자에서는  $E/A$  값이 2 이상 나올 수 있어 승모판륜  $e'$  값의 저하가 동반되었는지를 확인하여 이완기능 장애 여부를 판단할 수 있다.

$E/A$  값이 0.8 이하이고 E 값이 50 cm/sec를 초과하는 경우, 또는  $E/A$  값이 0.8보다 크지만 2 미만인 경우에는 추가적으로 다음 세 가지 지표를 평가하여야 한다. 최고 TR 속도 > 2.8 m/sec, 평균  $E/e'$  값 > 14, 좌심방 최대 용적지수 > 34 mL/m<sup>2</sup>의

비정상 수치에 해당되는지 확인하여야 한다. 최고 TR 속도가 폐동맥압을 직접적으로 반영하므로 폐동맥압을 상승시킬 수 있는 다른 질환이 동반되지 않았다면 좌심방압의 상승을 가장 잘 반영하는 수치는 최고 TR 속도이다. 만약 위 세 가지 지표 값을 모두 얻었는데 하나만 비정상 수치에 해당되면 좌심방압은 정상이고 I 단계 이완기능 장애로 평가할 수 있다. 두 가지 또는 세 가지가 비정상 수치에 해당되면 좌심방압은 상승되어 있고 II 단계 이완기능 장애에 해당된다고 할 수 있다. 만약 한 가지 지표만 평가 가능할 때는 좌심방압에 대한 결론을 내릴 수 없다[11]. 좌심실 박출률이 저하된 환자에서 폐정맥의 peak systolic velocity/diastolic velocity (S/D) 값이 1 미만일 때 좌심방압의 상승을 시사한다.

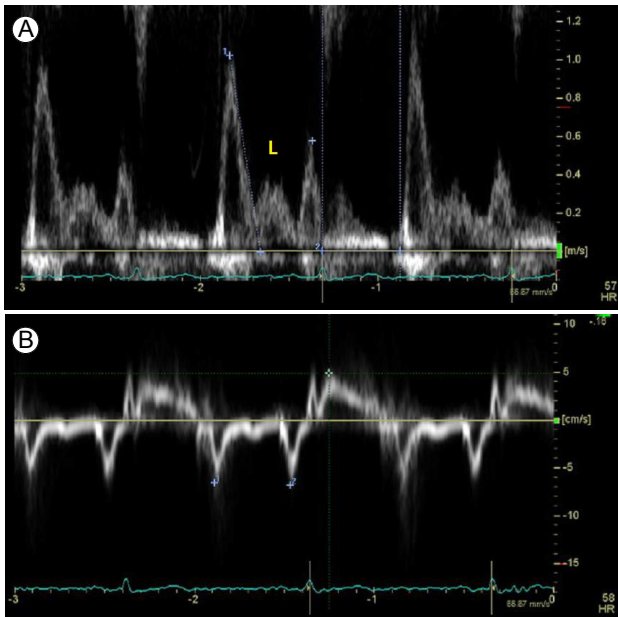
좌심실 박출률이 유지된 환자에서는, 좌심실 이완기능의 평가를 돕기 위해 임상 증상을 평가하고 2D와 칼라 도플러 심초음파검사를 이용해서 좌심실 박출률, 국소벽운동 장애, 좌심실 비대, 좌심방 최대 용적지수, 유의한 승모판막 질환 등을 평가하여야 한다. 좌심방의 크기가 심첨4방도에서 우심방에 비해 확실히 커져 있을 때 빈혈, 심방성 부정맥, 승모판막 질환 등이 배제된다면 좌심실 총만압이 만성적으로 증가된 것을 강력하게 시사한다. 이완기능 장애의 초기 상태 또는 급성으로 좌심실 총만압이 상승되어 있는 상태에서는 좌심방 크기가 정상일 수도 있으므로 주의하여야 한다.

구조적 심장 질환이 있고 박출률이 정상인 환자에서  $E/A$  값이 0.8 이하이고 최고 E 값이 50 cm/sec 이하이면 좌심방압은 정상이고 I 단계 이완기능 장애라고 할 수 있다.  $E/A$  값이 0.8 이하이고 E 값이 50 cm/sec를 초과하는 경우, 또는  $E/A$  값이 0.8보다 크지만 2 미만인 경우에는 마찬가지로 최고 TR 속도,  $E/e'$ , 좌심방 최대 용적지수를 추가로 얻어 단계를 구분하게 된다[12-14]. 두 가지 또는 세 가지가 비정상 소견이라면 좌심방압은 상승되어 있고 II 단계 이완기능 장애라고 판단하고, 반대로 두 가지 또는 세 가지가 비정상 소견이 아니라면 좌심방압은 정상이고 I 단계 이완기능 장애가 있는 것이다. 측정할 수 있는 두 가지 지표 중 하나는 해당되고 다른 하나는 해당되지 않거나 한 가지 지표만 측정 가능하면 좌심방압이나 단계에 대해서 언급하여서는 안 된다.  $E/A$  값이 2 이상이면 III 단계를 시사한다.

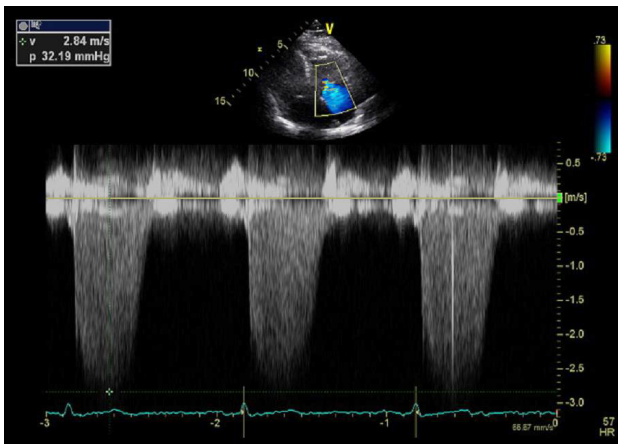
### 증 례

고혈압과 고지혈증 치료를 받고 있는 69세 여성이 New

York Heart Association 기능등급 II의 운동시 호흡곤란으로 내원하였다. 혈압은 130/80 mmHg, 심박수는 분당 67회였다. 흉부 X-ray 검사에서는 경도의 심비대 소견을 보이고 있었으며 심전도는 정상 동율동 소견을 보이고 있었다. 심초음파검사 변수들의 값은 다음과 같다. 좌심실 박출률 61%, 좌심방 최대 용적지수 38.5 mL/m<sup>2</sup>, E 102 cm/s, E/A 1.79, DT 171 msec, septal e' 6 cm/sec, lateral e' 7 cm/sec, average E/e' 15.8,



**Figure 2.** (A) Mitral inflow pattern. E velocity was 102 cm/sec and A velocity was 57 cm/sec. Mid-diastolic flow (L velocity) was present. (B) Early diastolic septal mitral annular velocity was 6 cm/sec (septal e': 6 cm/sec).



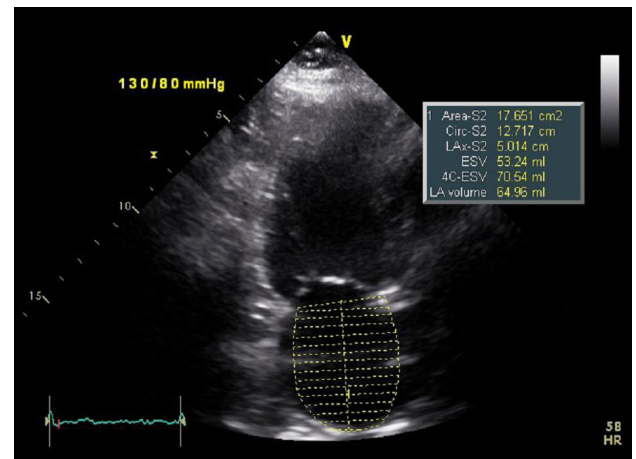
**Figure 3.** Peak velocity of tricuspid regurgitation by continuous wave Doppler was 2.84 m/sec.

최고 TR 속도 2.84 m/sec (Fig. 2-4).

이 환자의 좌심실 박출률은 정상이므로 이완기능 장애를 가지고 있는지 평가하기 위해 네 가지 지표를 측정하여야 한다. 평균 E/e', 중격측과 외측 e' 값, 좌심방 용적지수 및 최고 TR 속도가 모두 이완기능 장애에 해당되는 수치이므로 이완기능 장애가 있다고 할 수 있다. 다음으로 이완기능 장애의 단계를 평가하기 위해 E/A 값을 살펴보면 1.79로 0.8과 2 사이에 해당되므로 추가적인 지표를 획득하여 이완기능 장애의 단계를 평가해야 한다. 평균 E/e' 값은 15.8이므로 14보다 크고 최고 TR 속도가 2.8 m/sec를 초과하며 좌심방 용적지수는 38.5 mL/m<sup>2</sup>로 34 mL/m<sup>2</sup>보다 큰 값을 가져 세 가지 지표가 모두 양성 소견이다. 따라서 좌심방압은 상승되어 있고 II 단계 이완기능 장애가 있는 것으로 평가할 수 있다. 특히 환자의 승모판 유입혈류의 E파와 A파 사이에 이완중기 혈류(L velocity)가 관찰되고 있어 좌심실의 이완기능 저하로 인해 좌심방의 압력이 상승되어 있음을 확인할 수 있다.

## 결론

이완기능 장애에서 침습적인 검사로 얻은 지표와 심초음파검사로 얻은 지표가 완벽하게 연관된다고 결론지을 수는 없지만 임상에서 쉽게 시행할 수 있는 심초음파검사가 이완기능의 평가에서 점점 더 큰 비중을 차지하고 있다. 이완기능 장애에 대한 특별한 치료는 아직 없지만 좌심실 충만압 상승에 대한 평가가 감별 진단을 위해 중요하다[14,15]. 호흡곤란을 호소하거나 심부전의 진단을 위해 내원한 환자에서



**Figure 4.** Left atrial volume by the biplane method was 64.9 mL and left atrial volume index was 38.5 mL/m<sup>2</sup>.

좌심실 충만압이 상승되어 있는지 또는 정상인지 혹은 결론 지을 수 없는 상태인지 평가하고 이완기능 장애의 단계를 평가하여야 한다[16]. 가능하다면 이전 검사 기록과 비교하여 시간에 따른 이완기능의 변화도 기술해 주어야 한다. 그러나 이러한 평가가 완벽하지는 않으므로 이완기능 장애의 진단이 애매할 경우 심초음파검사를 이용한 이완기 운동부하 검사를 하여 감별하는 경우도 있고 폐혈관 질환을 동반한 환자들에서 우심도자술을 시행하는 경우도 있다. 심초음파검사를 통한 이완기능 장애에 대한 새로운 가이드라인이 발표되어 이전에 비해 임상에서 좀더 쉽게 접근할 수 있게 되었지만 아직 모든 환자에게 적용하기는 어려운 상태여서 향후 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

**중심 단어:** 심초음파검사; 이완기능; 좌심실 충만압

## REFERENCES

1. Vasan RS, Larson MG, Benjamin EJ, Evans JC, Reiss CK, Levy D. Congestive heart failure in subjects with normal versus reduced left ventricular ejection fraction: prevalence and mortality in a population-based cohort. *J Am Coll Cardiol* 1999;33:1948-1955.
2. Zile MR, Brutsaert DL. New concepts in diastolic dysfunction and diastolic heart failure: part I. *Circulation* 2002;105:1387-1393.
3. Nagueh SF, Appleton CP, Gillebert TC, et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2009;22:107-133.
4. Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 2016;29:277-314.
5. Schirmer H, Lunde P, Rasmussen K. Mitral flow derived Doppler indices of left ventricular diastolic function in a general population; the Tromso study. *Eur Heart J* 2000;21:1376-1386.
6. Rietzschel ER, De Buyzere ML, Bekaert S, et al. Rationale, design, methods and baseline characteristics of the Asklepios Study. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2007;14:179-191.
7. Arbab-Zadeh A, Dijk E, Prasad A, et al. Effect of aging and physical activity on left ventricular compliance. *Circulation* 2004;110:1799-1805.
8. Caballero L, Kou S, Dulgheru R, et al. Echocardiographic reference ranges for normal cardiac Doppler data: results from the NORRE Study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2015;16:1031-1041.
9. Schwammenthal E, Popescu BA, Popescu AC, et al. Noninvasive assessment of left ventricular end-diastolic pressure by the response of the transmitral a-wave velocity to a standardized Valsalva maneuver. *Am J Cardiol* 2000;86:169-174.
10. Kraigher-Krainer E, Shah AM, Gupta DK, et al. Impaired systolic function by strain imaging in heart failure with preserved ejection fraction. *J Am Coll Cardiol* 2014;63:447-456.
11. Rohde LE, Palombini DV, Polanczyk CA, Goldraich LA, Clausell N. A hemodynamically oriented echocardiography-based strategy in the treatment of congestive heart failure. *J Card Fail* 2007;13:618-625.
12. Kasner M, Westermann D, Steendijk P, et al. Utility of Doppler echocardiography and tissue Doppler imaging in the estimation of diastolic function in heart failure with normal ejection fraction: a comparative Doppler-conductance catheterization study. *Circulation* 2007;116:637-647.
13. Melenovsky V, Borlaug BA, Rosen B, et al. Cardiovascular features of heart failure with preserved ejection fraction versus nonfailing hypertensive left ventricular hypertrophy in the urban Baltimore community: the role of atrial remodeling/dysfunction. *J Am Coll Cardiol* 2007;49:198-207.
14. Lam CS, Roger VL, Rodeheffer RJ, Borlaug BA, Enders FT, Redfield MM. Pulmonary hypertension in heart failure with preserved ejection fraction: a community-based study. *J Am Coll Cardiol* 2009;53:1119-1126.
15. Redfield MM, Jacobsen SJ, Burnett JC Jr, Mahoney DW, Bailey KR, Rodeheffer RJ. Burden of systolic and diastolic ventricular dysfunction in the community: appreciating the scope of the heart failure epidemic. *JAMA* 2003;289:194-202.
16. Traversi E, Pozzoli M, Cioffi G, et al. Mitral flow velocity changes after 6 months of optimized therapy provide important hemodynamic and prognostic information in patients with chronic heart failure. *Am Heart J* 1996;132:809-819.