본태성 고혈압 환자의 QT 분산과 좌심실 비대의 상관관계

동국대학교 의과대학 내과학교실
김덕윤 · 구정태 · 김대인 · 이호현 · 이상구 · 김성자 · 강승완 · 이동철

= Abstract =

Association of QT Dispersion with Left Ventricular Hypertrophy in Essential Hypertensives

Duk-Yoon Kim, M.D., Jung-Tae Gu, M.D., Dae-In Kim, M.D., Ho-Hyon Lee, M.D., Sang-Koo Lee, M.D., Seong-Ja Kim, M.D., Seung-Wan Kang, M.D., Dong-Chul Lee, M.D.
Department of Internal Medicine, College of Medicine, Dongguk University, Kyungju, Korea

Background : Left ventricular hypertrophy(LVH) is a powerful independent risk factor of ventricular tachycardia and sudden death. Even though it is not clear the mechanism of sudden death in patients with LVH, inhomogenous ventricular repolarization is highly suggested. QT dispersion which reflecting regional inhomogeneity of repolarization is defined as interlead variation in QT intervals of 12 leads ECG. The purpose of this study was to assess whether QT dispersion is associated with LVH in hypertensive patients.

Methods : We assessed 23 untreated hypertensives with echocardiographic LVH and normal left ventricular systolic function. The criteria of 5th Joint National Committee stage I-III was used to define hypertension. Thirty four normotensives was assessed as controls. On a standard 12 lead ECG, the intervals between onset of QRS to end of T wave were measured(QT intervals) and corrected by heart rate(QTc). QT dispersion was calculated by the difference of maximal and minimal QTc. Left ventricular mass(LVM) was calculated from Devereux's formula using the parameters measured by the recommendation of American Society of Echocardiography. LVH was defined by LVM indices over 130g/m^2.

Results : LVM indices of hypertensive group were significantly greater than those of controls (162.2±39.3g/m^2 vs 84.2±16.1g/m^2, $p<0.001$). Maximal QT and QTc of hypertensive group were significantly prolonged than those of controls(maximal QT=401±31ms vs 380±35ms, $p<0.05$; maximal QTc=432±19ms vs 414±17ms, $p<0.001$). QT dispersions were significantly greater in hypertensive group than in controls(60.2±15.7ms vs 33.2±11.7ms, $p<0.001$). In hypertensive group, there was significant association between LVM index and QT dispersion($r=0.492$, $p=0.017$).

Conclusions : Hypertensives with LVH have a prolonged QT and QTc and increased QT dispersion

in comparision with controls. QT dispersion in these patients correlates with degree of LVH.

KEY WORDS : Hypertension · Left ventricular hypertrophy · QT dispersion.

서 론

본태성 고혈압 환자에서 급사의 빈도가 높음이 알려져 있고[1], 특히 좌심실 비대를 동반한 고혈압에서 그 빈도는 더욱 증가함이 보고되고 있다[2]. 그러나 이들 환자에 호발하는 급사의 기전에 대해서는 몇가지 가설이[3] 제시되고 있을 뿐 아직 명확한 설명이 없는 상태다. 그 중 유력한 가설의 하나는 심근이 장기간 압력 과부하(pressure overload)에 노출되면 심근에 섬유조직이 침착되고, 침착된 섬유조직에 의한 심근의 전기생리학적인 성질의 변화가 심실 재분극의 변화를 초래함으로서 급사의 위험이 증가하리라는 것이다[3].

심전도의 QT 간격은 심근의 활동전위 기간을 반영하고, 12유도 심전도에서 각 유도사이의 QT 간격의 차이(QT 분산)는 심실 재분극의 지역적인 불균일성을 반영한다[4]. 따라서 QT 분산은 급사의 예견지표로서 관심을 끌고 있고, 실제 급사로 사망한 급성 심근경색증[5,6], 특발성 심실빈맥[7], 비후성 심근증[8] 환자의 QT 분산이 증가하였음이 보고되고 있다.

이에 저자는 급사의 위험도가 높은 좌심실 비대를 동반한 고혈압 환자에서 QT 분산이 증가하는지를 보고자 본 연구를 수행하였다.

연구대상 및 방법

1. 대 상

1) 좌심실 비대를 동반한 본태성 고혈압 환자군 (고혈압군)

본 연구는 1995년 4월부터 1996년 3월까지 동국대학교 심장내과에 내원한 고혈압 환자중에서 최근 1개월간 항고혈압제의 투여 경험이 없고 심초음파 소견상 좌심비대를 보인 고혈압 환자 23명을 대상으로 하였다. 좌심 비대의 기준은 좌심실 질량지표가 130 g/m^2 이상인 경우로 하였다. 고혈압의 기준은 미국 Joint National Committee 5차 보고서[9]에 근거하였으며, 최소 2주 간격으로 2회 이상 측정한 혈압을 기준으로 하였다. 고혈압을 제외한 다른 심혈관질환, 심수축기능 이상, 뇌질환, 당뇨병, 혈청 지질의 이상소견이나, 내분비계 이상 및 자율신경계의 이상을 보인 환자는 제외하였고, 이차성 고혈압의 소견이 있거나 심전도상 부정맥을 보인 경우와 심초음파 소견으로 국소적인 심실벽 운동의 이상이 있는 경우도 제외하였다.

2) 정상 대조군

혈압이 정상이면서 심초음파상 이상소견을 보이지 않았던 34명을 정상 대조군으로 하였다.

2. 방 법

1) QT 분산(QT dispersion)

초당 25mm의 속도로 기록된 표면 심전도에서 각 유도의 QRS 시작점으로부터 T파의 끝점까지의 간격을 측정하여 QT 간격으로 하였고, U파가 있는 경우는 T파와 U파가 만나는 최저점을 끝점으로 삼았다. QT 간격을 심박동수로 교정한 QTc 간격은 Bazett's 공식[10]{$QTc=QT/\sqrt{(R-R)}$}에 따라 계산하였다. 12유도 QTc 간격의 최대치와 최소치의 차이를 QT 분산(QT dispersion)으로 정의하였다. 각 유도에서 2회 이상 측정한 QT 간격의 평균값을 구하여 QT 분산을 계산하였다.

2) M-형 심초음파(M-mode echocardiography)

M-mode 심초음파에 의한 좌심실 지표의 측정은 미국 심초음파학회(American Society of Echocardiography)에서 추천한 M-mode법[11]을 사용하여 이완기 말의 심실 중격두께(IVSd)와 좌심실 후벽두께(PWd), 수축기 좌심실내경(LVIDs) 및 이완기 좌심실내경(L-VIDd)을 측정하였다. 공식에 따라서 수축분율{fractional shortening(%)=(LVIDd-LVIDs)/LVIDd×100}과 좌심실 구혈률{ejection fraction (%)=$(LVIDd^3-LV-IDs^3)/LVIDd^3\times100$}을 구하였다. 좌심실 질량은 Devereux 등[12]에 의한 공식 [left ventricular mass(g)=$1.04\{(LVIDd+PWd+IVSd)^3-LVIDd^3\}\times0.8+0.6$]을 이용하여 구하였으며, 좌심실 질량지표는 Dubois[13]의 방법[basal sur-

face area(m^2)=0.007184×{체중(kg)}$^{0.425}$×{신장(cm)}$^{0.725}$]으로 구한 체표면적으로 좌심실 질량을 나누어 계산하였다{left ventricular mass index (g/m^2)=left ventricular mass(g)/basal surface area (m^2)}.

3. 통계 처리

모든 자료는 전산입력한 후 SPSS 7.0/PC+를 이용하여 통계처리하였고, 측정값은 평균 및 표준편차로 표시하였다. 양 군 사이의 비교는 Student's t-test를 이용하였으며, 통계적인 유의성을 p값이 0.05이하인 경우로 하였다. 상관관계는 단순 선형 회귀분석을 사용하였다.

결 과

1. 임상적 특성

좌심실 비대를 동반한 본태성 고혈압 환자군 23명(남/여=9/14)의 평균 연령은 54±12세(연령분포 : 34세 79세)이고 신장, 160±8cm, 체중, 66±10kg, 체표면적, 1.68±0.14m^2, 수축기 혈압, 169±20mmHg, 이완기 혈압, 95±10mmHg, 심박동수는 76±11/min이었으며, 정상대조군 34명(남/여=13/21)의 평균 연령은 51±11세(연령분포 : 36세 80세)이고 신장, 161±11cm, 체중, 59±12kg, 체표면적, 1.62±0.19m^2, 수축기 혈압, 112±10mmHg, 이완기 혈압, 72±9mmHg, 심박동수는 74±15/min이었다.

좌심실 비대를 동반한 본태성 고혈압 환자군과 정상대조군간의 성별과 연령, 신장, 체표면적, 심박동수는 통계학적 유의성이 없었으나, 고혈압군에서 체중과 평균 수축기 및 이완기 혈압은 통계학적 유의하게 높았다(Table 1).

2. 심초음파적 특성

심초음파 특성중 수축기 및 이완기 좌심실내경은 고혈압군과 대조군 사이에 통계학적으로 유의한 차이가 없었다. 수축기 및 이완기 중격두께는 고혈압군에서 통계학적으로 유의하게 컸고(수축기=17.9±2.9 mm vs 12.7±1.9mm, p<0.001 ; 이완기=14.7±2.3 mm vs 8.7±1.6mm, p<0.001), 또한 수축기 및 이완기 좌심실 후벽두께도 고혈압군에서 통계학적으로 유의하게 컸다(수축기=17.2±2.0mm vs 13.0±1.9 mm, p<0.001 ; 이완기=13.7±1.6mm vs 8.4±2.0 mm, p<0.001). 수축 분율과 좌심실 구혈율은 양 군간에 통계학적으로 유의한 차이가 없었다. 좌심실 질량은 고혈압군에서 통계학적으로 유의하게 컸으며(271.1±62.9g vs 136.5±32.5g, p<0.001), 좌심실

Table 1. Clinical characteristics of essential hypertensive patients with left ventricular hypertrophy and controls

Characteristics	HT with LVH (n=23)	Controls (n=34)	p
Sex(M/F)	(9/14)	(13/21)	NS
Age(years)	54±12	51±11	NS
Height(cm)	160±8	161±11	NS
Weight(kg)	66±10	59±12	<0.05
BSA(m^2)	1.68±0.14	1.62±0.19	NS
SBP(mmHg)	169±20	112±10	<0.001
DBP(mmHg)	95±10	72±9	<0.001
Heart rate(/min)	76±11	74±15	NS

All values are expressed in mean±S.D.
HT=hypertension, LVH=left ventricular hypertrophy, F/M=female/male number, BSA=basal surface area, SBP=systolic blood pressure, DBP=diastolic blood pressure

Table 2. Echocardiographic characteristics of essential hypertensive patients with left ventricular hypertrophy and controls

Characteristics	HT with LVH (n=23)	Controls (n=34)	p
LVIDs(mm)	27.7±6.6	29.5±3.9	NS
LVIDd(mm)	46.5±3.7	46.5±4.6	NS
IVSs(mm)	17.9±2.9	12.7±1.9	<0.001
IVSd(mm)	14.7±2.3	8.7±1.6	<0.001
PWs(mm)	17.2±2.0	13.0±1.9	<0.001
PWd(mm)	13.7±1.6	8.4±2.0	<0.001
FS(%)	45.9±4	45.9±5	NS
EF(%)	70.0±10	66.2±8	NS
LVM(g)	271.1±62.9	136.6±32.5	<0.001
LVMI(g/m^2)	162.2±39.3	84.2±16.1	<0.001

All values are expressed in mean±S.D.
HT=hypertension, LVH=left ventricular hypertrophy, LVIDs=left ventricular internal dimension(systolic), LVIDd=left ventricular internal dimension(diastolic), IVSs=interventricular septal wall thickness(systolic), IVSd=interventricular septal wall thickness(diastolic), PWs=left ventricular posterior wall thickness(systolic), PWd=left ventricular posterior wall thickness(diastolic), FS=fractional shortening, EF=ejection fraction,LVM=left ventricular mass,LVMI=left ventricular mass index

질량지표도 고혈압군에서 통계학적으로 유의하게 컸다(162.2±39.3g/m^2 vs 84.2±16.1g/m^2, p<0.001) (Table 2).

3. 최고 QT 간격, 최고 QTc 간격, QT 분산

고혈압군에서 최고 QT 간격(401±31ms vs 380±35ms, p<0.05)과 최고 QTc 간격(432±19ms vs 414±17ms, p<0.001)은 통계학적으로 유의하게 증가하였고, QT 분산도 고혈압군에서 통계학적으로 유의하게 증가하였다(60.2±15.7ms vs 33.2±11.7ms, p<0.001)(Table 3).

Table 3. QT interval and its variables for essential hypertensive patients with left ventricular hypertrophy and controls

QT interval	HT with LVH (n=23)	Controls (n=34)	p
Max QT(ms)	401±31	380±35	<0.05
Max QTc(ms)	432±19	414±17	<0.001
QT dispersion(ms)	60.2±15.7	33.2±11.7	<0.001

All values are expressed in mean±S.D.
HT=hypertension, LVH=left ventricular hypertrophy,QT dispersion=difference of maximum-minimum QTc across the 12 leads of the surface ECG

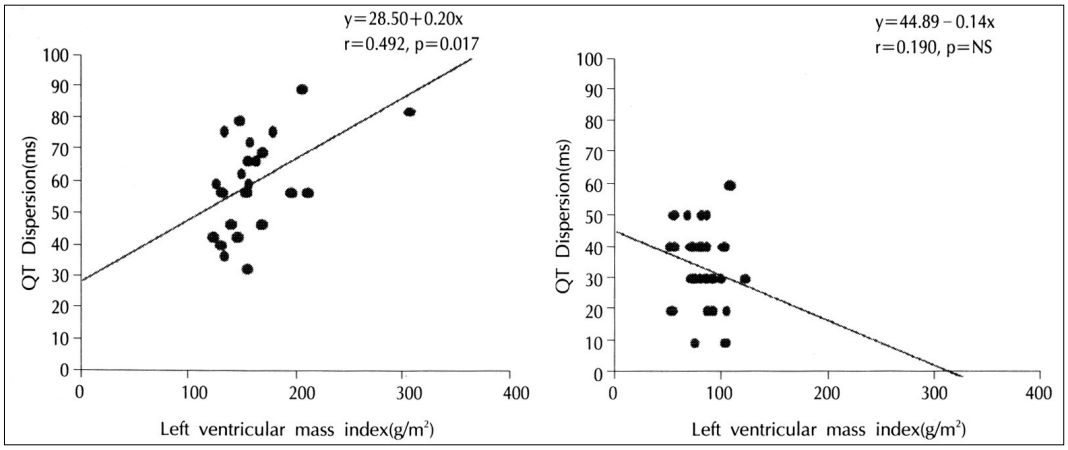

Fig. 1. Correlation between QT dispersion and left ventricular mass. There are good correlations with QT dispersion and left ventricular mass in essential hypertensive patients(left), but no correlation in controls(right).

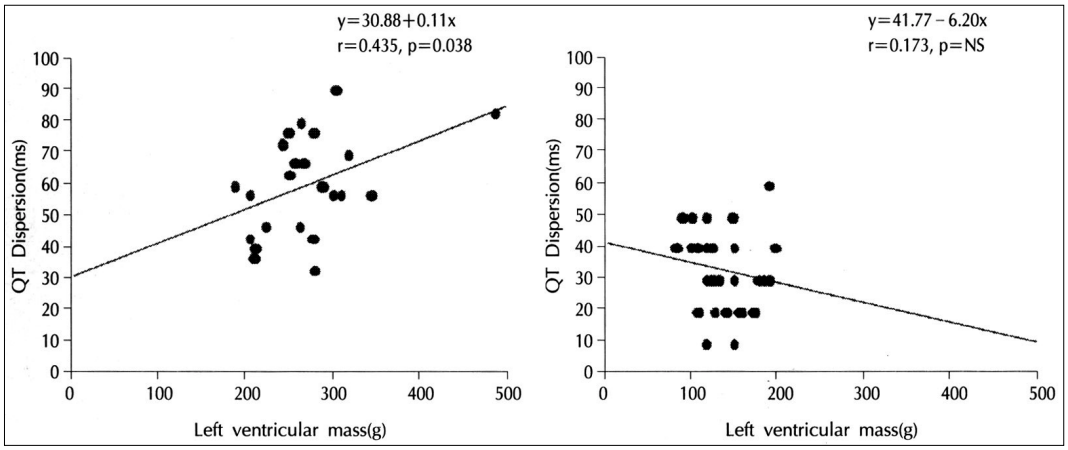

Fig. 2. Correlation between QT dispersion and left ventricular mass index. There are good correlations with QT disp-ersion and left ventricular mass index in essential hypertensive patients(left), but no correlation in controls(right).

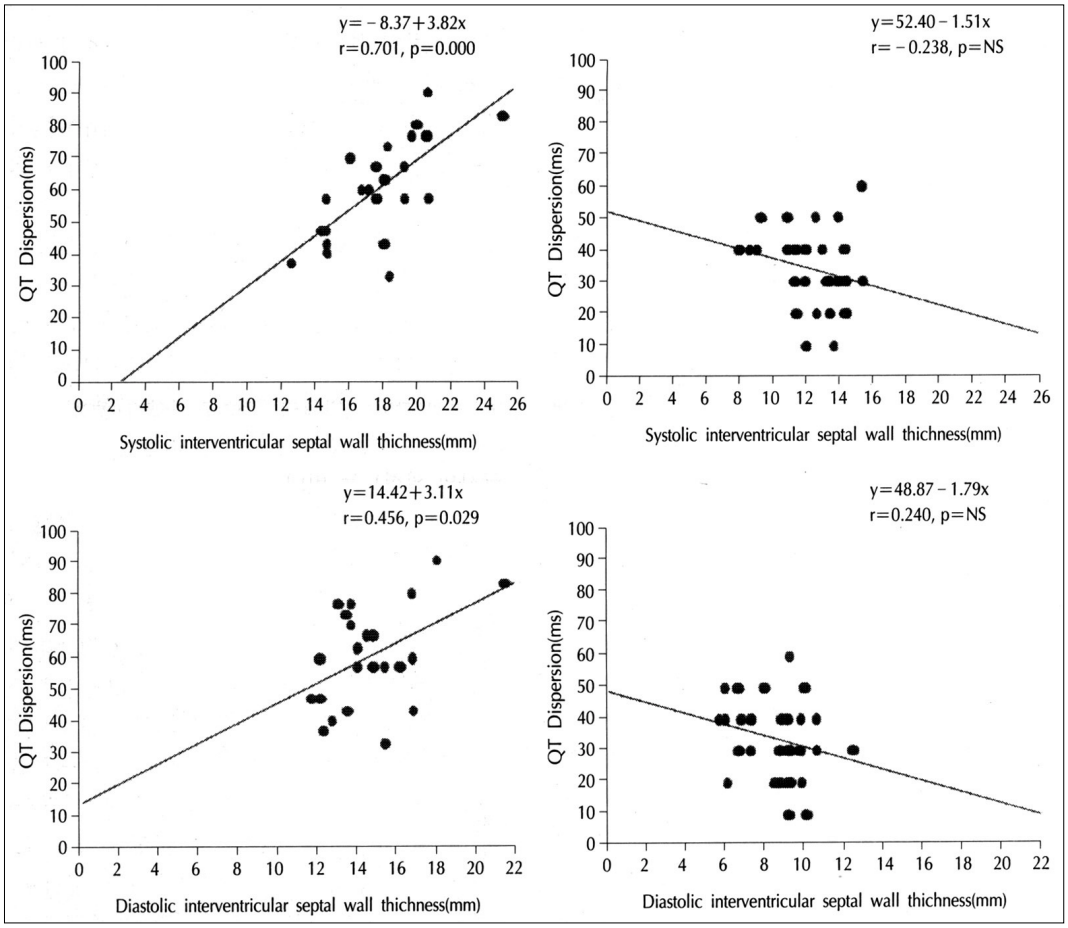

Fig. 3. Correlation between QT dispersion and interventricular septal wall thickness(systolic and diastolic). There are good correlations with QT dispersion and interventricular septal wall thickness(systolic and diastolic) in essential hypertensive patients(left), but no correlation in controls(right).

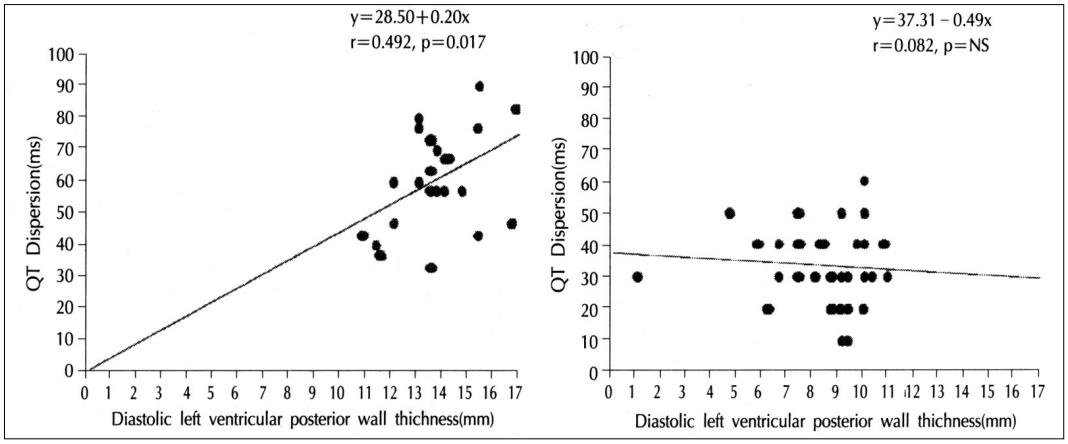

Fig. 4. Correlation between QT dispersion and left ventricular posterior wall thickness(diastolic). There are good correlations with QT dispersion and left ventricular posterior wall thickness(diastolic) in essential hypertensive patients(left), but no correlation in controls(right).

4. QT 분산과 임상적, 심초음파적 특성간의 상관관계

고혈압군에서 QT 분산과 좌심실 질량(r=0.435, p=0.038) 및 좌심실 질량지표(r=0.492, p=0.017) 사이의 상관관계는 통계학적으로 유의하였으나, 정상대조군에서는 상관관계의 통계학적 유의성이 없었다(좌심실 질량 : r=-0.173, p=NS ; 좌심실 질량지표 : r=-0.190, p=NS)(Fig. 1, 2). 고혈압군에서 QT 분산과 좌심실 질량지표 결정 요소인 이완기 후벽두께(r=0.438, p=0.037) 및 이완기 중격두께(r=0.456, p=0.029)와의 상관관계도 통계학적으로 유의하였으며, 수축기 중격두께(r=0.701, p<0.001)와는 높은 상관관계를 보여 주었다. 그외에 다른 임상적, 심초음파적 특성과의 통계학적으로 유의한 상관성은 양 군 모두에서 관찰되지 않았다(Fig. 3, 4, 5).

고 안

고혈압 환자에서 좌심실 비대는 심혈관계질환의 이환율과 치사율에 매우 중요한 예견인자이며 독립적인 위험인자이다[1]. 수축기 혈압이 180mmHg이상인 환자에서 12년 내에 50%에서 좌심실 비대가 발견되며[14] 이로 인한 급사의 빈도는 해마다 2 4%를 차지한다[15]. 급사는 대개 심실성 부정맥이나 Tosades de pointes 같은 심각한 부정맥의 양상으로 나타나며 이에 대한 기전으로 방실전도의 장애와 항진이 입증되었고[16], 심실의 재분극 기간의 변화와 심근 주위부의 재분극 시간차를 초래하여 심각한 부정맥을 일으키는 것으로 알려져 있다. 체표 단상 활동전압 지도화(body surface monophasic action potential mapping)로 다형재분극(multiform repolarization) 여부를 찾을 수 있으나[17,18] 이는 관혈적인 검사이므로 임상적으로 적용하기에 곤란하다.

심실의 재분극 기간의 변화는 심전도상 QT 간격에 반영되고 QT 간격의 연장은 QT 간격의 분산 정도를 증가시킨다. QT 간격이 연장되어 있거나 혹은 각 유도자간에 QT 간격의 최대값과 최저값의 차이(QT 분산)가 증가하는 경우 치명적인 부정맥의 발생을 증가시켜 급사를 일으키는 것이 임상적 혹은 실험적으로 보고되었다[18-20]. 본 연구 결과에서 최고 QT 간격(maximal QT interval)과 심박동수로 교정한 최고 QTc 간격, 그리고, QT 분산이 정상대조군에 비해 좌심실 비대를 동반한 본태성 고혈압 환자군에서 통계학적으로 유의하게 컸다(Table 3). Kuo 등[17]은 개를 이용한 동물실험에서 심실성 부정맥을 일으키기 위해서는 약 100ms 정도의 활동전압 기간의 분산이 필요하다고 주장하였다. 이는 QT 분산이 심실성 부정맥의 발생에 병태생리학적으로 중요하다는 것을 의미하고, 또한 좌심실 비대를 동반한 본태성 고혈압 환자군에서 QT 분산의 증가가 좌심실 비대의 불량한 예후 정도를 예측할 수 있는 지표가 될 수 있다는 것을 의미한다.

12유도 심전도상의 QT 분산은 QT 간격의 각 유도자간의 차이로서 심장의 부위별 재분극의 다양성을 반영한다. 이는 심외막 단상 활동전압 기간의 분산과도 잘 일치하며[21], 심실의 재분극 기간의 불균일성(inhomogeneity)을 반영한다[17,18,22]. 좌심실 비대 환자에서 급사의 위험도는 비대 정도에 비례한다고 알려져 있는데[2], 본 연구에서 보인 좌심실 비대와 QT 분산 사이의 연관성은 이들 환자에서 급사의 위험이 심실 재분극 기간의 불균일에서 비롯되었음을 뒷받침한다.

그러나 QT 분산이 국소부위의 이상을 정확히 반영하는지 여부에 대해서는 아직 논란이 많아, QT 분산의 증가와 함께 QRS 간격의 증가 소견은 임상적으로 심비대나 허혈성 심질환에서 흔히 볼 수 있는 전도조직 질환의 발생을 의미하는 것일 수도 있고, 심질환이 있는 심전도 판독의 어려움으로 인한 인공물(artifact)일 수도 있다[23]. 또한 기록 불량이나 T파 전압이 낮아 QT 간격의 측정이 불가능할 수도 있다. 특히 T파의 끝점이 불분명할 경우 반복 측정과 다른 측정자간의 차이가 QT 분산의 중요한 변수가 될 수 있다[24]. 이 문제의 해결을 위해 컴퓨터를 이용한 측정이 필요하나 측정값이 사용 기준에 따라 달라지므로 극히 일부 의료기관에서만 사용되고 있다[25]. 저자는 본 연구에서 QT 분산의 정확도와 신뢰도를 높이기 위해 연구대상군을 심혈관계질환, 뇌질환, 당뇨병, 혈청 지질의 이상소견이나, 내분비계 이상 및 자율신경계의 이상을 보인 환자는 제외하였고, 12유도 체표 심전도상 부정맥이나 방실차단 소견이 없는 정상 동성리듬을 가지며, 연구 전 1개월과 연구기간 동안 항고혈압제의 투여를 받지 않은 성인을 대상으로 하였다.

비후성 심근증 환자의 전기생리학적 연구[26]에서 우심실 유출로(right ventricular outflow tract)와 우심첨(right ventricular apex) 사이 불응기의 분산이 증가하는 것과 심실성 부정맥의 발생 사이에 연관성이 있는 것으로 밝혀진 바와 같이, 추후 12유도 체표 심전도상의 QT dispersion에 대한 전기생리학적 연구도 필요하리라 생각된다.

요 약

연구 배경 :

본태성 고혈압 환자에서 혈압 상승은 좌심실 비대와 밀접한 관계가 있고, 좌심실 질량의 증가는 고혈압성 심혈관 질환의 중요한 합병증일 뿐만 아니라 급사의 원인이 된다. 심전도의 QT 간격은 심근의 활동전위 기간을 반영하고, 12유도 심전도에서 각 유도사이의 QT 간격의 차이(QT 분산)는 심실 재분극의 지역적인 불균일성을 반영한다. 따라서 QT 분산은 급사의 예견지표로서 관심을 끌고 있고, 실제 급사로 사망한 급성 심근경색증, 특발성 심실빈맥, 비후 심근증 환자의 QT 분산이 증가하였음이 보고되고 있다. 저자는 급사의 위험도가 높은 좌심실 비대를 동반한 고혈압 환자에서 QT 분산이 증가하는지를 보고자 본 연구를 수행하였다.

방 법 :

좌심실 비대를 동반한 본태성 고혈압 환자군 23명과 정상대조군 34명을 대상으로 12유도 체표 심전도와 M-mode 심초음파를 시행, QT 간격은 표면 심전도상 12유도의 QRS 시작점으로부터 T파의 끝점까지의 거리를 측정하여 구하였고, QTc는 Bazett's 공식에 따라 계산되었으며, 그 최고값과 최저값의 차이를 QT 분산으로 정의하였다. M-mode 심초음파에 의한 좌심실 특성의 측정은 미국 심초음파 학회에서 추천한 방법을 사용하였고, 좌심실 질량지표는 Devereux법을, 체표 면적은 Dubois의 방법을 이용하여 구하였다.

결 과 :

1) 좌심실 질량지표는 좌심실 비대를 동반한 본태성 고혈압 환자군에서 통계학적으로 유의하게 컸다 (162.2±39.3g/m 2 vs 84.2±16.1g/m^2, p<0.001). 최고 QT 간격과 최고 QTc 간격은 고혈압군에서 통계학적으로 유의하게 증가하였고(maximal QT interval=401±31ms vs 380±35ms, p<0.05 ; maximal QTc interval=432±19ms vs 414±17ms, p<0.001), QT 분산도 고혈압군에서 통계학적으로 유의하게 증가하였다(60.2±15.7ms vs 33.2±11.7ms, p<0.001).

2) QT 분산과 좌심실 질량 및 좌심실 질량지표 사이의 상관관계는 고혈압 환자군에서 통계학적으로 유의하였으나 대조군에서는 유의하지 않았다. 그외에 QT 분산과 다른 특성간의 통계학적 상관성은 양 군 모두 관찰되지 않았다.

결 론 :

이상의 결과에서 QT 분산은 정상대조군에 비해 좌심실 비대를 동반한 본태성 고혈압 환자군에서 현저하게 증가하였고, 좌심실 비대정도에 따른 상관관계도 관찰되었다. 추후, 좌심실 비대를 동반한 본태성 고혈압 환자에서 QT 분산이 증가된 군이 정상대조군에 비해 급사의 빈도가 높은지에 대한 연구도 필요할 것으로 사료된다.

References

1) Dunn FG, McLenachan J, Isles CG, et al : *Left ventricular hypertrophy and mortality in hypertension : An analysis of data from the glasgow blood pressure. Clinic J Hypertension 8 : 775, 1990*
2) Levy D, Garrison T, Savage DD, Kannel WB, Castelli WP : *Prognostic implications of echocardiogra-phically determined left ventricular mass in the framingham heart study. N Engl J Med 332 : 1561, 1990*
3) Aguilar JC, Martinez AH, Conejos FA : *Mechanism of ventricular arrhythmias in the presence of pathological hypertrophy. Eur Heart J 14 (suppl) : 65, 1993*
4) Higham PD, Campbell RWF : *QT dispersion. Br Heart J 199 : 508, 1994*
5) Higham PD, Campbell RWF : *QT dispersion in ischemia and infarction. (Abstract) Eur Heart J 13 : 448, 1992*
6) Potratz J, Djonlagic H, Mentzel H, et al : *Prognostic significance of QT dispersion in patients with acute myocardial infarction. (Abstract) Eur Heart J 14 : 254, 1993*
7) Gill JS, Anttonen O, Ward DE, et al : *Increased QT dispersion in patients with idiopathic ventricular tachycardia associated with syncope. (Abstract) Eur Heart J 14 : 254, 1993*
8) Dritsas A, Puri S, Davis G, et al : *QT dispersion is incr-*

eased in hypertrophic cardiomyopathy compared with secondary ventricular hypertrophy. (Abstract) Eur Heart J 14：212, 1993

9) The fifth report of the Joint National Committee on Detection, Evaluation, and Treatment, of High Blood Pressure (JNC V). Arch Intern Med 153：154, 1993

10) Bazett HC：*An analysis of the time relationships of the heart. Heart 7：353, 1920*

11) Sahn DJ, DeMaria A, Kisslo J, Weyman AE：*Recommendations regarding quantitation in M-mode echocardiography：Results of a survey of echocardiographic measurements. Circulation 58：1077, 1978*

12) Devereux RB, Alonso DR, Lutas EM, Gottlieb GJ, Campo E, Sachs I, Reichenk N：*Echocardiographic assessment of left ventricular hypertrophy：Comparison to necropsy findings. Am J Cardiology 57：450, 1986*

13) Dubois EF：*Basal metabolism in health and disease. Philadelphia, Lea and Febiger, 1936*

14) Kannel WB, Gordon T, Offut D：*Left ventricular hypertrophy by electrocardiogram：Prevalence, incidence and mortality in the framingham study. Ann Intern Med 71：89, 1969*

15) McKenna WJ, Goodwin JF：*The natural history of hypertrophic cardiomyopathy, in Harvey P (ed). Current Problems in Cardiology 6：5, 1981*

16) Krikler DM, Davies MJ, Rowland E, Goodwin JF, Evans RC, Shaw DB：*Sudden death in hypertrophic cardiomyopathy：Associated accessory atrioventricular pathways. Br Heart J 43：245, 1980*

17) Bonatti V, Rolli A, Botti G：*Recording of monophasic action potentials of the right ventricle in long QT syndromes complicated by severe ventricular arrhythmias. Eur Heart J 4：168, 1983*

18) Kuo CS, Munakata K, Reddy CP, Surawicz B：*Characteristics and possible mechanism of ventricular arrhythmia dependent on the dispersion of action potential durations. Circulation 67：1356, 1983*

19) Merx W, Yoon M, Han J：*The role of local disparity in conduction and recovery time on ventricular vulnerability to fibrillation. Am Heart J 94：603, 1977*

20) Linker NJ, Colonna P, Kekwick CA, Till J, Camm J, Ward DE：*Assessment of QT dispersion in symptomatic patients with congenital long QT syndromes. Am J Cardiology 69：634, 1992*

21) Higham PD, Hilton CJ, Aitchison JD, et al：*QT dispersion：A measure of underlying dispersion of ventricular recovery? (Abstract) Eur Heart J 14：86, 1993*

22) Han J, Goel B：*Electrophysiologic precursors of ventricular tachyarrhythmias. Arch Intern Med 129：749, 1972*

23) Deborah JS, B. M, M. A, Marek M, Ph. D, et al：*QT dispersion：Problems of methodology and clinical significance. J Cardiovascular Electrophysiology 5：672, 1994*

24) Cowan JC, Yusoff K, Moore M, et al：*Importance of lead selection in QT interval measurement. Am J Cardiology 61：83, 1988*

25) De Bono DP, Bhullar HK, Goddard WP：*Automated measurement of QT dispersion identifies patients at risk from ventricular tachycardia. (Abstract) Eur Heart J 13：369, 1992*

26) Watson RM, Schartz, JL, Maron BJ, Tucker E, Rosing DR, Josephson ME：*Inducible polymorphic ventricular tachycardia and ventricular fibrillation in a subgroup of patients with hypertrophic cardiomyopathy at high risk for sudden death. J Am Coll Cardiology 10：761, 1987*