

## 관상동맥 질환에서 운동부하 심전도의 QT와 JT절 분산의 진단적 의의

고려대학교 의과대학 내과학교실  
박희남 · 김영훈 · 박상원 · 임도선 · 박창규  
서홍석 · 심완주 · 오동주 · 노영무

= Abstract =

### Diagnostic Value of QT and JT Dispersion in Exercise ECG

Hui Nam Pak, M.D., Young Hoon Kim, M.D., Sang Weon Park, M.D.,  
Do Sun Lim, M.D., Chang Gyu Park, M.D., Hong Seog Seo, M.D.,  
Wan Joo Shim, M.D., Dong Joo Oh, M.D., Young Moo Ro, M.D.

*Department of Internal Medicine, College of Medicine, Korea University, Seoul, Korea*

**Background :** QT dispersion(QTD : QTmax-QTmin) or JT dispersion(JTD : JTmax-JTmin) in 12 leads ECG has been known to reflect regional variations in ventricular repolarization and has been reported to be one of the marker of regional myocardial ischemia. To evaluate the significance of QTD or JTD of exercise ECG in diagnosis of coronary artery disease, we studied 106 patients(mean age, 56.9 years old, male 63) who were referred for the evaluation of chest pain on exertion.

**Method :** Treadmill exercise stress test with modified Bruce protocol and coronary angiography were performed in 106 patients with chest pain on exertion. ST-segment depression by  $>1.0\text{mm}$  0.08 second after J-point during or after exercise in exercise test and  $>50\%$  stenosis of epicardial artery in coronary angiogram were defined as positive. Of 106 patients, 41 had positive exercise ECG and positive coronary angiogram(true positive, TP), 20 had positive exercise ECG and negative coronary angiogram(false positive, FP), 20 had negative exercise ECG and positive coronary angiogram(false negative, FN), and 23 had negative exercise ECG and negative coronary angiogram(true negative, TN). QT and JT interval in 12 leads were measured at baseline and peak exercise and were corrected for heart rate using Bazett's formula. QTD and JTD were measured by calculating the difference between the maximum QT and minimum QT and that between maximum JT and minimum JT.

**Results :** QTD at baseline for TP(72.8 ms) was prolonged compared to TN(52.2 ms,  $P<0.01$ ), but was not different from that for FP(70.2 ms). At peak exercise, QTD for TP(81.3 msec) was significantly prolonged( $P<0.01$ ), while QTD for FP(71.2 msec) was not different from that for TN(56.8 msec). JTD at baseline(78.4 msec) and at peak exercise(88.2 msec) for TP were significantly prolonged compared to those for TN(55.2msec and 55.1msec  $P<0.01$ ,  $P<0.01$ , respectively), but those for FP were not prolonged(77.0msec and 79.0msec, respectively). QTD

and JTD at peak exercise were more markedly prolonged in patients with severe stenosis of coronary artery( $p=0.053$  and  $p<0.05$ , respectively) and multivessels diseases( $p<0.01$ ,  $0<0.05$ ) than those with less severe disease and single vessel disease. Patients with left anterior descending artery lesion had greater QTD and JTD at peak exercise than those with other vessels lesion( $p<0.01$ ). In addition to standard criteria with ST segment displacement in exercise ECG, inclusion of exercise induced QTD of more than 60msec increased the sensitivity of exercise ECG from 66.7% to 83.3%, and JTD of more than 70msec increased the specificity from 52% to 76.0%.

**Conclusion :** Measurement of QT dispersion and JT dispersion of exercise ECG may be useful method to identify the severity of coronary artery disease and to improve diagnostic accuracy of exercise ECG in coronary artery disease.

**KEY WORDS :** Exercise Electrocardiogram · QT dispersion · JT dispersion · Coronary Artery Disease.

## 서 론

## 대상 및 방법

심근의 활동전위 기간을 나타내는 심전도상 QT 간격은 심근허혈이나 항부정맥제 투여후에 증가될 수 있으며 이는 급사의 원인이 되는 심실성 부정맥을 유발할수 있는 전기생리적 불안정성을 나타내는 하나의 소견이다<sup>1-3)</sup>. 최근 연구에 의하면 국소적인 심근허혈로 인해 허혈심근 부위의 활동전위가 부분적으로 변하게 되면 심근전체의 활동전위의 양상이 바뀌게 되는데<sup>1,3,4)</sup> 특히 급성 심근색증<sup>5)</sup>이나 확장성 심근증<sup>6)</sup>에 있어 비균일적인 심근의 활동전위 양상은 심실성 부정맥의 원인이 될수있음이 보고되고 있다<sup>3,7,8)</sup>. 국소적인 심근허혈시 전기생리학적인 변화가 일부 심근에만 국한되어 허혈심근이 위치한 표면심전도 유도에서 QT 간격이 연장될수 있으며 이로 인해 12 유도 심전도상 각 유도 QT 간격의 최고치와 최저치의 차이, 즉 QT 분산(dispersion, QTD)이 증가하게 된다<sup>4,9,10)</sup>. 그러므로 심실 재분극의 국소적 다양성, 즉 전기생리학적인 불안정성을 나타내는<sup>1,11)</sup> 심전도상 QTD의 정도는 이러한 변화를 일으킨 원인의 하나로서 심근허혈의 진단에 있어 중요한 정보를 줄수 있으리라 본다. 이에 본 연구는 안정형 협심증 환자에서 운동부하에 의한 심근허혈의 유발시 QT 간격과 또 하나의 심실 재분극 기간이라고 할수있는 JT 간격의 국소적 연장이 있는지를 보고 운동부하 심전도 검사에서 관동맥 질환을 예측하는데 있어 QTD, JTD의 정도의 평가가 어떤 임상적 가치를 가지는지를 알아보고자 하였다.

### 1. 연구대상

흉통의 원인질환 진단을 위해 운동부하 심전도와 관동맥 조영술을 시행한 106명의 환자를 대상으로 하였으며 이들의 평균연령은 59세, 남녀는 각각 64명(60.4%), 42명(39.6%) 이었고 부정맥이나 전도장애, 심박 조율기를 달고있는 경우는 제외시켰다. 또한 관동맥 조영상 특별한 병변은 없었으나 관동맥 연속 유발검사나 관동맥내 도플러 또는 관동맥동 혈류측정에 의해 이형 협심증이나 미세혈관 협심증으로 생각되는 경우도 제외시켰다. 대상환자 중 운동부하 검사상 양성이고 관동맥 조영상 50% 이상의 협착이 있는 경우는 진양성(True Positive, TP, n=41), 운동부하 검사상 양성이나 관동맥 조영상 정상 또는 의미있는 협착이 없는 경우는 위양성(False Positive, FP, n=22), 운동부하 검사상 음성이나 관동맥 조영상 양성인 경우는 위음성(False Negative, FN, n=20), 두 검사상 모두 음성인 경우 진음성(True Negative,

**Table 1.** Baseline Characteristics

	TP (n=40)	FP (n=22)	FN (n=20)	TN (n=23)
Age	57.4	56.4	58.0	55.6
Sex(male%)	72.5	42.5	65.0	50.9
Ventricular				
Arrhythmia(%)	5.0	9.1	5.0	16.7
EF(%)	58.3	61.6	56.8	61.3

TP : True Positive      FP : False Positive  
FN : False Negative    TN : True Negative

**Table 2.** QTD & JTD in millisecond in each group

	QTD			JTD		
	base	peak Ex	$\Delta$	base	peak Ex	$\Delta$
TP	72.8*	81.3*	8.2	78.4*	88.2*	9.8
FP	70.2**	71.2	1.0	77.0	79.0	1.9
FN	70.1	70.9	0.5	79.3	76.0	-3.4
TN	52.2	56.8	4.8	55.2	55.1	2.8

\*p<0.01 \*\*p<0.05 vs TN

QTD : QT dispersion, JTD : JT dispersion

TN, n=23)으로 분류하였다. 각군에서 연령, 성별 및 심구혈률의 정도에는 유의한 차이가 없었다(Table 1).

유의성을 인정하였으며, p값이 0.05에서 0.09인 경우에는 경계성 유의성이 있는 것으로 하였다.

## 2. 운동부하 심전도

운동부하 검사는 변형된 Bruce protocol<sup>12)</sup>을 사용하였으며, 평행 또는 하강형 ST절 하강이 J point후 0.08초 지점에서 1mm 이상인 경우 양성으로 판정하였고<sup>13)</sup>, 연령별 최대 심박수에 도달할 때까지 운동시켰다. 운동전과 최대 운동시의 12유도 심전도에서 각 유도의 QT 간격 및 JT 간격을 측정하였고 이들을 Bazett's 공식( $QTc = QT/RR^{1/2}$ )<sup>14-16)</sup>에 의해 심박수로 교정한 후 12유도 심전도상 최대 및 최저 QTc와 JTc의 차이, 즉 QT 분산(QTD)과 JT 분산(JTD)을 구하였다.

QT dispersion(QTD)=Maximal QT interval-Minimal QT interval

JT dispersion(JTD)=Maximal JT interval-Minimal JT interval

## 3. 관동맥 조영상의 분석

관동맥 조영상은 최소 세개 이상의 투사면 영상(우전사 30°, 좌전사 60°, 전후사, 측사 등)에서 분석하였다.

50% 이상의 관동맥 협착을 보이는 경우를 관동맥 조영상 양성으로 판정하였고, 협착이 있는 경우, 50%에서 75%의 협착, 75%에서 95%의 협착, 95% 이상의 협착으로 세분하였고, 병변이 있는 관동맥의 위치에 따라 구분하였다. 50% 이하의 협착이 있거나 정상 관동맥 조영소견이 있는 예를 관동맥 조영상 음성으로 판정하였다.

## 4. 통계처리

통계처리는 PC-SAS program을 이용하여 Student's t test, Chi-square test, one-way ANOVA(Analysis of Variance)를 시행하였고 p값이 0.05 이하인 경우에

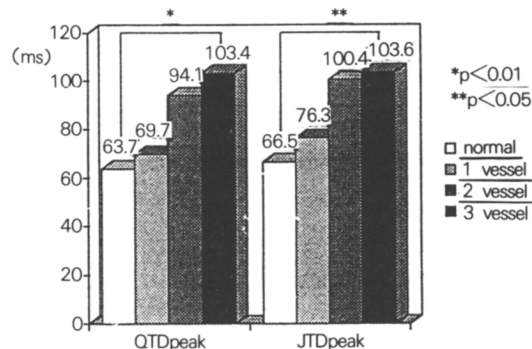
## 결 과

### 1. 각군간의 비교

운동전 QTD는 진양성군(TP)과 위양성군(FP)에서 진음성군(TN)에 비해 유의하게 증가되었다(TP, 72.8 ms, FP, 70.2ms vs. TN, 52.2ms, p<0.01, p<0.05, respectively vs. TN)(Table 2). 최대 운동시에 진음성군(56.8ms)에 비해 진양성군(81.3ms)은 유의하게 증가되었으나(p<0.01) 위음성군(71.2ms)은 차이가 없어 최대 운동시 QTD정도는 진양성군에서 위양성군에 비해 현저하였다(Table 2, Fig 1). 진양성군의 운동전(78.4ms)과 운동후(88.2ms) JTD는 진음성군(55.2ms, 55.1ms)에 비해 각각 유의하게 높은 반면(P<0.01) 위양성군은 진음성군과 유의한 차이가 없었다(Table 2).

### 2. 병변 혈관수에 따른 비교

50% 이상의 관동맥 협착을 지닌 관동맥 수에 따른 QTD, JTD는 병변 혈관수가 많을수록 운동후 QTD와



**Fig. 1.** QTD & JTD at peak exercise according to the number of diseased vessels.

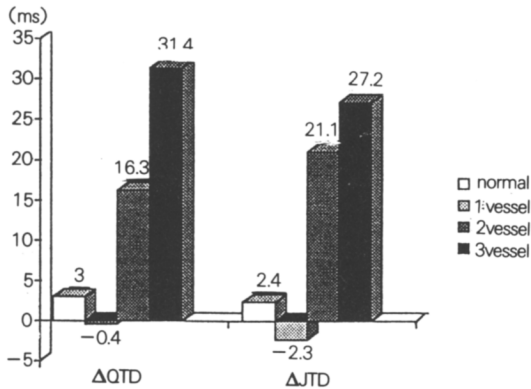


Fig. 2. Change in QTD & JTD according to the number of diseased vessels

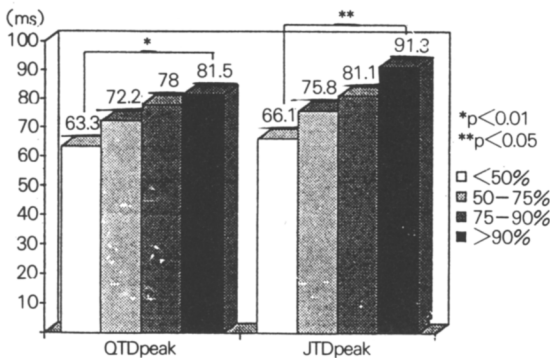


Fig. 3. QTD & JTD at peak exercise according to the severity of stenosis of coronary artery.

JTD가 현저히 증가되었다(Fig. 1). 운동 전후의 QTD, JTD의 차이, 즉  $\Delta$ QTD,  $\Delta$ JTD는 다혈관 질환일수록 현저하였다(Fig. 2).

### 3. 관동맥 협착 정도에 따른 비교

관동맥 협착의 정도를 50% 미만, 50~75%, 75~95%, 95% 이상으로 나누어 비교할 때, 관동맥 협착이 심할수록 운동후 QTD가 증가되는 경향을 보였고( $p=0.053$ ), JTD가 유의하게 증가하였다( $p<0.05$ )(Fig. 3). 즉, 관동맥 협착이 심할수록 운동에 의해 QTD, JTD가 증가하는 결과를 보였다.

### 4. 병변 위치에 따른 비교

좌전하행동맥에 병변이 있는 경우 다른 혈관질환에 비하여 운동후 QTD, JTD가 유의하게 높았다(QTD 74.7ms vs. 56.6ms,  $p<0.01$ , JTD 82.1ms vs. 62.6ms,  $p<0.01$ )(Table 3). 이는 QTD, JTD가 좌전하행동맥이 공급하는 전벽심근의 허혈을 가장 잘 반영하는

Table 3. QTD and JTD according to location of lesions

	LAD (n=40)	Others (n=40)	P
QTD <sub>basal</sub>	75.7	54.5	ns
QTD <sub>peak</sub>	74.7	56.6	<0.01
JTD <sub>basal</sub>	83.0	69.7	ns
JTD <sub>peak</sub>	82.1	62.6	<0.01

LAD3 left anterior descending artery

소견이라 하겠다.

### 5. 운동후 QTD, JTD를 이용한 관동맥 질환의 예측

본 연구에서 운동부하 심전도상 ST절 하강 지표로 관동맥 병변의 유무를 예측한 결과 민감도는 66.7%, 특이도는 52.0%였다. 최대 운동시 QTD가 60ms 이상인 경우를 양성으로 판정한 경우 민감도는 68.3%, 특이도는 28.3%이었고, JTD가 70ms 이상인 경우를 양성으로 판정한 경우는 특이도가 65.9%, 민감도는 45.0%이었다. 운동부하 심전도상 양성 또는 운동시 QTD 60ms 이상인 경우를 양성으로 판정한 경우 민감도가 83.3%로 증가하였으며, 운동부하 심전도상 양성이면서 동시에 최대운동시 JTD가 70ms이상인 경우를 양성으로 했을때는 특이도가 76.0%이었다.

## 고 안

### 1. QT 분산의 임상적 의의

12유도 심전도상 QT 간격은 심근의 활동전위 기간을 나타내는 것으로<sup>3)</sup>, QT 간격이 연장될 경우 관동맥 질환에 있어 급사의 위험이 높고<sup>1,2)</sup> 정상인에서도 심맥질환으로 인한 사망률이 증가<sup>17)</sup>하며 알코올성 간경변 환자의 사망률 역시 증가<sup>18,19)</sup>하는 것으로 알려져 있다. 즉 QT 간격의 연장은 치명적인 심실성 부정맥을 유발할 수 있는 심근의 전기 생리학적 불안정성을 나타내는 지표의 하나로 받아들여지고 있다<sup>1,11)</sup>.

한편 심근비대<sup>3)</sup>나 국소적인 심근허혈<sup>1-3)</sup>이 있는 경우 이러한 활동전위 기간에도 심근부위별로 변화가 오게되는데, 이러한 심실 재분극<sup>20)</sup> 또는 심실내 전도속도<sup>21)</sup>의 부위별 다양성은 12유도 심전도상 QT 간격 또는 JT 간격의 각 유도간 차이를 초래하게 된다. 12유도 심전도상 나타나는 QT와 JT 간격의 각 유도

간의 차이, 즉 QT 간격과 JT 간격의 최대치와 최저치의 차이를 각각 QT 분산(QTD), JT 분산(JTD)이라 정의할때<sup>4,9,10)</sup> QTD, JTD가 심근내 부위별로 다른 활동전위의 상태를 어느정도 반영하는지를 관찰한 최근 보고<sup>22)</sup>는 심의막에서 직접 기록한 활동전위가 표면심전도의 QT 간격의 변화를 비교적 잘 반영하는 것으로 밝힌바 있다. QTD, JTD의 증가는 심근허혈이나 심근비대 이외에도 심실벽의 긴장도 증가상태, 전해질 불균형, 고혈압, 저산소혈증, 심실내 전도장애에서도 관찰될수 있다<sup>1)</sup>.

임상적으로 QTD의 증가는 long QT 증후군, 심근비대, 확장성 심근증, 비후성 심근증과 심근허혈에서 볼수 있는데 특히 long QT 증후군<sup>10,22-24)</sup>이나 확장성 심근증<sup>6)</sup> 등에서는 심실 과분극과 재분극의 국소적인 재분포에 의해 QTD가 증가되며 심근 비대에 있어서는 심실 활동전위의 기간과 심실 활동시간(ventricular activation time)의 증가에 의해<sup>3,20,21)</sup>, 비후성 심근증의 경우는 우심실 심첨부와 우심실 유출로 사이에 형성된 재분극 시간차로 인해 QTD가 증가된다고 한다<sup>25,26)</sup>. 한편 심근허혈에 있어서는 허혈부위의 국소적인 재분극 지연으로 인해 QTD가 증가되며<sup>1-3)</sup> 급성 심근경색증에서 성공적인 재관류가 이루어지면 증가되었던 QTD가 감소된다고 하여<sup>4)</sup> 이를 뒷받침하고 있다. 그러나 이러한 QTD의 변화는 심근허혈 이외에도 관동맥 조영시 조영제를 관동맥 내로 주입하는 동안 QTD가 증가하기도 하며 심근의 국소적인 대사성 또는 전해질의 불균형, 그리고 심근의 국소적 섬유화에도 영향을 받는것으로 알려져 있다<sup>1)</sup>. 또한 일부유도에서 U파 발생에 따른 QTD의 증가 가능성도 염두에 두어야 할 원인중 하나이다. QTD증가와 심실성 부정맥의 관련을 관찰한 보고에 의하면 Holter 심전도상 나타난 부정맥과 QTD의 증가정도가 유의한 상관관이 없다는 보고가 있으나<sup>3,7,8)</sup> QTD 증가로 인한 부정맥 발현은 주로 triggered activity의 기전에 의한 것으로 알려져 있다<sup>4,27,28)</sup>. 항부정맥제의 QTD에 대한 영향으로는 amiodarone이나 sotalol의 경우 QT 간격을 증가시키지만 QTD가 감소할 경우에는 항부정맥 효과가 부정맥 유발효과(proarrhythmic effects)보다 높은 것으로 알려져 있어 QTD가 전기생리적 불안정성의 지표가 됨을 간접적으로 보여주는 결과이다. QTD가 증가된 만성 심부전에서 심실비대가 동반될때 급사율이 높은 것으로 보고되고 있고<sup>3)</sup>, QTD의 증

가는 연령, 심근경색증의 유무, 승모판 폐쇄부전 유무, 약물등과 관계없이 독립적인 급사의 위험인자로 알려져 있어<sup>4)</sup>, QTD, JTD가 기본적인 세포단위의 전기생리학적인 변화를 잘 반영한다고 할수 있겠다<sup>1,4)</sup>.

## 2. 심근허혈과 QTD

급성심근경색증에 있어 QTD의 증가는 이미 밝혀진바 있으며<sup>5,31,32)</sup>, 특히 심근관류의 정도가 낮고, 경색의 크기가 크며, 전벽경색일 경우 QTD, JTD가 증가되는 것으로 보고되고 있다<sup>3)</sup>. 본 연구에서는 관동맥 질환에 있어 운동부하로 유발된 심근허혈시 QTD, JTD의 증가를 관찰할 수 있었다. 즉, 안정상태보다는 최대 운동시에 QTD 또는 JTD의 정도가 심해지며 이러한 소견은 가역적인 심근허혈에 의해서 국소적인 심근활동전위 양상이 변화한다는 것을 보여주는 소견이라 하겠다. 또한 운동부하 심전도에 의한 관동맥질환의 진단에 있어 QTD나 JTD의 정도의 평가는 민감도와 특이도를 높이고 위양성의 빈도를 줄이는데 유용한 것으로 판단되었다. 한편, 관동맥 협착의 정도가 심하고 다혈관질환일수록 또한 전벽 심근을 공급하는 좌전하행 동맥의 병변일 경우 운동후 QTD, JTD의 정도가 큰 것으로 나타나 운동부하 검사만으로도 관동맥 병변의 심한 정도와 병변 관동맥의 위치를 추정하는데 도움을 줄수 있으리라 생각되며 향후 이에 대해서는 좀더 많은 환자를 대상으로 한 연구가 필요하다고 생각된다. 특히 좌전하행동맥의 병변에서 운동시 QTD, JTD의 증가가 컸던 것은 전흉부 유도가 심근의 부위별 전위변화를 가장 예민하게 반영하기 때문인 것으로 생각되며<sup>4)</sup>, 상대적으로 전벽심근이외의 다른 부위의 심근전위의 변화는 QTD나 JTD로서 평가하는데는 아직 제한점이 많다고 하겠다.

## 3. 본 연구의 제한점

QT 및 JT를 측정하는 방법상 문제이다. 호흡 및 운동중에 측정한 심전도상에서 기저선에 심한 변화가 올 경우, 또한 전위변화에 따라 U파가 나타나거나 납작한 T파가 있을 경우 정확한 QT나 JT 간격을 측정하기가 어려운 경우가 드물지 않게 있음이 보고된바 있었다<sup>3)</sup>. 본 연구에서는 이러한 오차를 최소화하고자 T-P 절의 기저선을 기준으로 하고 U파가 있는 경우 T파와 U파 사이의 최저점(nadir)으로 T파의 끝으로 정하였다<sup>1)</sup>. 그러나 이러한 노력에도 불구하고 U파가 특징적인 심실비대의 경우에는 QT 간격은

과대평가 될 것이며 T파가 납작할 경우 QT 간격이 과소평가되는 오차를 극소화하는데 어려움이 있는게 사실이다<sup>3)</sup>. 최근 보고에 따르면 전자식 자동 계측기를 사용할 경우 손으로 측정한 결과와 비교해 볼때 평균값의 차이가 없었으나 표준편차는 줄일 수 있었다는 보고가 있으며<sup>34)</sup> 본 연구에서도 경향은 뚜렷하였으나 큰 표준편차 때문에 통계적 의미를 찾지 못하는 결과를 보였다. 앞으로 QTD를 임상적으로 활용하기 위해서는 좀 더 표준화된 측정방법이 강구되어야 할 것으로 보인다. QT간격에는 QRS 간격이 포함되어 있으므로 이의 연장으로 인한 QT간격의 연장을 배제하기 위해 본 연구에서는 JTD를 동시에 측정한 결과 QTD와 JTD의 변화가 거의 같은 결과를 보이고 있어 운동으로 유발된 심근허혈시 QRS 간격은 유의한 변화를 일으키지 않은것으로 생각된다.

본 연구의 결과는 QTD와 JTD 정도의 평가가 운동부하 심전도검사에서 심근허혈의 유발 유무 및 관동맥 질환의 심한 정도를 예측하는데 하나의 지표가 될수 있음을 나타내는 것으로 향후 정량화된 측정법에 의해 QTD와 JTD를 관찰하고 심근허혈에 의한 심근 전기생리적 특성의 변화와의 관계에 관한 연구가 필요하리라 판단된다.

## 요 약

흉통의 원인질환의 진단을 위해 운동부하 심전도와 관동맥 조영술을 시행한 106명의 환자를 대상으로 운동부하 전후의 12유도 심전도상 QT 분산과 JT 분산을 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 운동전 QTD는 진양성군과 위양성군이 큰 차이가 없었으나 최대 운동시에는 진양성군만이 유의하게 증가되었다. 운동전과 최대운동의 JTD는 진양성군에서만 진음성군에 비해 유의하게 증가되었다.

2) 관동맥 협착의 정도가 심할수록, 다혈관 질환 및 좌전하행동맥에 병변이 있는 경우 최대 운동시 QTD, JTD가 각각 유의하게 증가되었다.

3) 관동맥질환의 진단에 있어 민감도 66.7%, 특이도 52.0%인 운동부하 심전도 검사에서 운동후 QTD가 60msec 이상인 경우를 양성으로 판정할 경우 민감도가 83.3%로 증가하였고 운동부하 검사상 양성인면서 동시에 JTD가 70msec 이상인 경우를 포함시키면 특이도가 76.0%이었다.

## 결 론

결론적으로, 관동맥 질환 환자에서 운동으로 유발된 심근허혈시 QT와 JT 분산이 현저하였고, 이의 정도는 운동부하 심전도의 진단적 가치를 높이는데 유용하였으며, 관동맥 협착의 정도와 다혈관 질환 및 좌전하행동맥 병변의 유무를 비관혈적으로 예측하는데 있어 하나의 지표로 이용할수 있다고 하겠다.

## References

- 1) Barr CS, Naas A, Freeman M, Lang CC, Struther AD : QT dispersion and sudden unexpected death chronic heart failure. *Lancet* 343 : 327-29, 1994
- 2) Puddu PE, Bourassa MG : Prediction of sudden death from QTc interval prolongation in patients with chronic ischemic heart disease. *J Electrocardiol* 19 : 203-12, 1986
- 3) Daney PP, Bateman J, Forfar C, Mulligan IP, Barlow C, Hart C : QT interval dispersion in chronic heart failure and left ventricular hypertrophy : Relation to autonomic nervous system and holter tape abnormalities. *Br Heart J* 71 : 268-273, 1994
- 4) Moreno FI, Villanueva MT, Karagonis LA, Anderson JC, TEAM-2 study investigators : Relation in QT interval dispersion by successful thrombolytic therapy in acute myocardial infarction. *Circulation* 90 : 94-100, 1994
- 5) Drutsas A, Sbarybu E, Oakley CM, Cleland JGF : Is QT interlead variability an arrhythmogenic marker ? *Br Heart J* 68 : 116, 1992
- 6) Gonska BD, Bethge KP, Figulla HR, Kereutzer H : Occurrence and clinical significance of endocardial late potentials and fractionations in idiopathic dilated cardiomyopathy. *Br Heart J* 59 : 39-46, 1988
- 7) Ahnve S, Gilpin E, Henning H, Curtis G, Collins D, Ross J : Limitations and advantages of the ejection fraction for defining high risk after myocardial infarction. *Am J Cardiol* 58 : 872-8, 1986
- 8) Schuwartz PJ, Priori SG. Sympathetic nervous system and cardiac arrhythmias. In : Zipes DP, Jalife J. Cardiac electrophysiology : from cell to bedside. Philadelphia : WB Saunders. 330-43, 1990
- 9) Pye M, Farrell TG, Cobbe SM : QT interval disper-

- sion in patients with sustained ventricular tachycardia or fibrillation. *Eur Heart J* 13(abstract suppl) : 221, 1992
- 10) Day CP, McComb JM, Capbell RW : QT dispersion : An indication of arrhythmia risk in patients with long QT intervals. *Br Heart J* 63(6) : 342-4, 1990
  - 11) Higham PD, Hilton CJ : QT dispersion : A measure of underlying dispersion of ventricular recovery ? *Eur Heart J* 14 : 86(Abstract), 1993
  - 12) Okin PM, Kligfield P : Effect of exercise protocol and lead selection on the accuracy of heart rate adjusted indices of ST segment depression for detection of three vessel coronary artery disease. *J Electrocardiol* 22 : 187, 1989
  - 13) Chung EK : *Electrocardiography : Practical application with vectorial principles*. Philadelphia : Appleton century crafts 3 : 450, 1985
  - 14) Bazett HC : An analysis of time relationship of the heart. *Heart* 7 : 353-370, 1920
  - 15) Ahnve S : Correction of QT interval for heart rate : review of different formulas and the use of Bazett's formula in myocardial infarction. *Am Heart J* 109 : 568-574, 1985
  - 16) Ahnves S : Errors in the visual determination of corrected QT(QTc) interval during myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 5 : 699-702, 1985
  - 17) Schouten EG, Dedder JM, Meppelink P : QT interval prolongation predicts cardiovascular mortality in an apparently healthy population. *Circulation* 84 : 1516-23, 1991
  - 18) Algra A, Tijssen JGP, Roelandt JRTC, Pool J, Lubsen J : QTc prolongation measured by standard 12 lead electrocardiogram is an independent risk factor for sudden death due to cardiac arrest. *Circulation* 83 : 1888-94, 1991
  - 19) Day CP, James OFW, Butler TJ, Capbell RWF : QT prolongation and sudden cardiac death in patients wit alcoholic liver disease. *Lancet* 341 : 1423-28, 1993
  - 20) Franz MR, Bargheer K, Lichtlen PR, Stinson EB, Miller DC : Myocardial repolarisation in normal and hypertrophied left ventricles. In : Burrous GS, Schuwartz PJ. *Clinical aspects of ventricular repolarisation*. London : Fasrrand Press. 22 : 219-26, 1989
  - 21) Vassallo JA, Cassidy DM, Kindwall E, Marchlinski FE, Josephson ME : Nonuniform recovery excitability in the left ventricle. *Circulation* 78 : 1365-72, 1988
  - 22) Higham PD, Hilton CJ, Griffiths CJ, Furniss SS, Campbell RWF : Relation between QT intervals and epicardial monophasic action potential. *Br Heart J* 68 : 123, 1992
  - 23) Day CP, McComb JM, Capbell RWF : QT dispersion : An indication of arrhythmia risk in patients with long QT intervals. *Br Heart J* 63 : 342-4, 1990
  - 24) Linker LJ, Colonna P, Kekwick CA, Till J, Camm J, Ward DE : Assessment of QT dispersion symptomatic patients with congenital long QT syndrome. *Am J Cardiol* 69 : 634-8, 1992
  - 25) Watson RM, Schwartz 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 Cardiol* 10 : 761-74, 1987
  - 26) Buja G, Miorelli M, Turrini P, Nava A : Comparison of QT dispersion in hypertrophic cardiomyopathy between patints with and without ventricular arrhythmias and sudden death. *Am J Cardiol* 72 : 973-76, 1993
  - 27) Ryder K, Bryant S, Hart G : Calcium and calcium activated currents in hypertrophied left ventricular myocytes isolated from guinea pig. *J Physiol* 430 : 71P-71O, 1990
  - 28) Ryder K, Bryant S, Winterton SJ, Turner MA, Sheridan DJ, Hart G : Electrical and mechanical characteristics of isolated ventricular myocytes from guinea pigs with left ventricular hypertrophy and congestive heart failure. *J Physiol UC Meeting*, 1991
  - 29) Campbell RW, Furniss SS : Practical considerations in the use of sotalol for ventricular tachycardia and ventricular fibrillation. *Am J Cardiol* 72(4) : 80A-85A, 1993
  - 30) Day CP, McComb JM, Matthews J, Campbeel RWF : Reduction in QT dispersion by sotalol follow myocardial infarction. *Eur Heart J* 12 : 423 : 427, 1985
  - 31) Mirvid OM : Spatial variation of QT interval in normal persions and patients with acute myocardial infarction. *Eur Heart J* 14 : 254(abstract), 1993
  - 32) Potratz J, Kjonlagic H, Mentzel A : Prognostic significance of the QT dispersion in patints with acute myocardial infarction. *Eur Heart J* 14 : 254(abstract), 1993
  - 33) Yunus A, Gillis AM, Traboulsi M, Mitchell LB, Duff

HJ, Wyse G, Knudtson HL : *Reduction in precordial QT interval dispersion following coronary angioplasty. J am Coll Cardiol* 179A-747(abstract), 1994

34) Bhullar HK, Fothergill JC, Goddard WP, DeBono

PP : *Automated measurement of QT interval dispersion from hard copy ECGs. J Electrocardiol* 26(4) : 321-31, 1993