

관상동맥 성형술이 QT 간격분산에 미치는 영향

건양대학교병원 심장내과,¹ 계명대학교 의과대학 내과학교실 순환기내과,² 홍부외과³
 신이철¹ · 김윤년² · 현대우² · 허승호² · 박남희³

Effect of Coronary Angioplasty on QT Dispersion

Yi-Chul Synn, MD¹, Yoon-Nyun Kim, MD², Dae Woo Hyun, MD²,
 Seong Ho Hur, MD² and Nam-Hee Park, MD³

¹Division of Cardiology, Cardiovascular Center, College of Medicine Konyang University, Daejeon,

²Division of Cardiology, Department of Internal Medicine and ³Thoracic and Cardiovascular Surgery, College of Medicine, Keimyung University, Daegu, Korea

ABSTRACT

Background and Objectives : The change in QT dispersion (QTd) immediately after balloon angioplasty reflects the immediate impact of ischemia. We intended to analyze the immediate impact of ischemia on myocardial repolarization. **Subjects and Methods** : Forty-six patients who underwent percutaneous coronary intervention were enrolled. The standard 12-lead electrocardiogram (ECG) was recorded just before, during, and 1 minute, 5 minutes and 10 minutes after ballooning. QTd was determined by the difference between the maximum and minimum QT interval (QTi). We then calculated the corrected QTi (QTc) using Bazett's formula. QTd and QTi were compared according to the site of the ballooned vessel, number of ballooned vessels and history of acute myocardial infarction. **Results** : QTd just before, during, and 1 minute, 5 minutes and 10 minutes after ballooning were 35.21 ± 10.36 msec, 54.56 ± 16.89 msec, 50.91 ± 14.20 msec, 45.52 ± 9.6 msec and 38.56 ± 10.89 msec, respectively. QTd increased markedly during ballooning, but after myocardial ischemia was relieved, decreased rapidly. Ten minutes after ballooning, QTd was reduced to a similar level as that of baseline. There were no significant differences between the AMI and non-myocardial infarction groups, single-vessel and multi-vessel groups, and the location of the stenosed artery. There was no significant difference in QTi according to different stenosed vessel. **Conclusion** : QT (QTc) dispersion increased rapidly with myocardial ischemia and reduced rapidly after the myocardial ischemia was resolved. Therefore, increased QTd can be used as an early clue of myocardial ischemia. (Korean Circulation J 2003;33(11):977-986)

KEY WORDS : QT dispersion ; Coronary angioplasty ; Myocardial ischemia.

서 론

QT 간격분산은 표준 12유도 심전도에서 QT 간격의 최대치와 최소치의 차이를 의미하며 심실내의 재분극시

전기적 불균질성으로 인해 발생하는 것으로 알려져 있다.¹⁻⁵⁾ 그리고 QT 간격분산은 관상동맥 질환의 협착이 있는 환자에서 심근의 허혈이 발생할 경우 증가되며,⁶⁻⁹⁾ QT 간격분산의 증가는 치료가 힘든 심실성 빈맥의 발

논문접수일 : 2003년 4월 3일

수정논문접수일 : 2003년 7월 18일

심사완료일 : 2003년 8월 20일

교신저자 : 김윤년, 700-712 대구광역시 중구 동산동 194 계명대학교 의과대학 내과학교실 순환기내과

전화 : (053) 250-7432 · 전송 : (053) 250-7434 · E-mail : ynkim@dsmc.or.kr

생 및 돌연사의 발생과 연관이 있다.¹⁰⁻¹⁶⁾

이전의 여러 연구에서 관상동맥 협착이 있는 환자에서 QT 간격분산은 경피적 관상동맥 성형술, 혈전 용해제 치료, 관상동맥 우회술 등 재관류 치료 후 감소되는 것으로 알려져 있고,¹⁷⁾¹⁸⁾ 그 시간은 재관류 치료 4~24 시간 후로 알려져 있다.¹⁷⁻¹⁹⁾

관상동맥 성형술은 협착이 있는 혈관에 대해 풍선확장을 시행하게 되고 결과적으로 그 혈관에 의해 관류를 받는 심근에 일시적이지만 완전한 허혈을 유발하게 된다. 이렇게 해서 유발된 심근의 허혈은 심실내의 재분극의 이상을 초래하게 되고, 이때 측정된 QT 간격분산은 심근의 허혈에 의한 변화를 반영할 것으로 생각된다. 저자 등은 관상동맥 성형술 직후에 나타나는 QT 간격분산의 변화를 관찰해서, 과연 QT 간격분산이 짧은 시간 동안의 급성 허혈에 의해서 영향을 받는지, 그리고 그 결과를 바탕으로 QT 간격분산이 급성 심근 허혈을 진단할 수 있는 비관혈적인 검사방법으로 사용될 수 있는지, QT 간격분산이 관상동맥 성형술 후 변화를 일으키는 경우 심전도의 어떤 분절이나 파의 변화가 QT 간격분산의 변화를 일으키는 지 알아보고자 하였으며, 협착이 있는 혈관의 위치에 따라 QT 간격의 차이가 있는지를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

대 상

본 연구는 1998년 2월부터 1998년 6월까지 계명의 대 동산의료원에서 관상동맥 조영검사상 50%이상의 협착이 있는 환자들 중 관상동맥 성형술을 시행한 46명의 환자들을 대상으로 시행하였다. 이들 환자들의 평균연령은 59.3세였고 남성이 35명, 여성이 11명이었다. 진단별로 분류하면 급성 심근경색증이 9명이었고 불안정 협

심증이 21명, 안정형 협심증이 16명이었다. 협착이 있는 혈관수별로 분류하면 단일 혈관 질환군이 27명이었고, 2개 이상의 혈관 협착이 있는 다혈관 질환군이 19명이었다(Table 1). 모든 환자에서 QT 간격에 영향을 줄 수 있는 베타 차단제, 칼슘 길항제의 사용은 시술 24시간 이전에 중단하였다. 급성 심근경색환자의 경우 흉통이 소실되고 CK-MB가 정상화 된 후 경색 관여 동맥에 대해 관상동맥 성형술을 시행하였다. 불안정 협심증과 안정형 협심증의 경우에도 흉통이나 심전도상 급성 허혈성 변화가 소실된 후 관상동맥 성형술을 시행하였다. 안정형 협심증은 심근효소치의 상승이나 심전도상 급성 허혈성 변화를 의미하는 ST 분절의 상승이나 하강이 없고, 병적인 Q파가 없는 경우로 정의하였다.

표준 심전도상 각차단이 동반된 경우는 본 연구대상에서 제외하였다.

심전도와 QT 간격의 측정

모든 심전도는 Cardiolab system(Pruka engineering, USA) 모델의 Cardiolab[®] 4.1 version 프로그램을 사용하여 시행하였고, 표준 12유도 심전도를 관상동맥 성형술 직전, 풍선확장 도중, 풍선확장 1분 후, 풍선확장 5분 후, 풍선확장 10분 후에 50 mm/sec의 속도로 얻었다. 심전도상 T파의 끝나는 지점은 T파의 곡선이 심전도의 기저선으로 돌아오는 지점으로 정의하였고 U파가 있는 경우에는 T파와 U파 사이의 저점(nadir point)으로 정의하여 QT 간격을 측정하였다.²⁰⁾ 통상적으로 QT 간격분산을 측정하는 연구에서 QT 간격 측정의 방법이 많은 주의를 요한다. 본 연구에서도 정확하고 일관된 QT 간격의 측정을 위해 기존의 아날로그 방식의 심전도저장방식이 아닌 전산화된 심전도를 저장하여 기본적으로 50 msec의 속도로 QT 간격을 측정하고, T파의 모양이 편평하거나 U파가 있어서 측정이 애매한 경우에는 다양한 심전도 획득 속도(25~200 msec)나 전위(5~20 mV)로 조절하면서 QT 간격을 측정하면서 그래프를 축소 및 확대해서 최대한 정확하고 일관성 있는 측정이 이루어지도록 노력하였다.

풍선확장 도중의 QT 간격은 풍선확장을 끝내기 5초 전부터 측정하였다. 심근 전조치(myocardial preconditioning)를 최소화하기 위해, 풍선 확장술을 반복적으로 시행하는 경우 첫 번째 풍선확장 때의 QT 간격을 풍선확장 도중의 QT 간격으로 하였으며 모든 환자들에

Table 1. Patient characteristics

Mean age : 59.3±8.7 years old
Gender-male : 35 female : 11
Clinical diagnosis : AP 16, UA 1, AMI 9
Location of ballooned vessel : LAD 16, LCX 14, RCA 16
1 vessel disease 27, Multi-vessel disease 19
AP : angina pectoris, UA : unstable angina, AMI : acute myocardial infarction, LAD : left anterior descending coronary artery, LCX : left circumflex coronary artery, RCA : right coronary artery

서 풍선확장술 후 혈행의 정상화가 이루어진 상태에서 나머지 심전도를 얻었다. 각 시간대별로 측정된 QT 간격을 토대로 QT 간격분산을 구하였고, QT 간격을 Bazett 공식(corrected QT interval=QT interval/RR interval^{1/2})²¹⁾를 사용해서 교정QT 간격을 구하고 교정QT 간격분산을 구하였다.

통계적 분석

환자들의 연령, 성별, 진단, 협착이 있는 혈관의 위치 등의 분석에는 chi-square test를 시행하였다.

먼저 전체 환자들을 대상으로 관상동맥 성형술 직전, 풍선확장 도중, 풍선확장 1분 후, 풍선확장 5분 후, 풍선확장 10분 후의 QT 간격분산과 교정QT 간격분산을 paired T test를 사용하여 비교하였다. 그리고 전체 환자에서 QT 간격과 교정QT 간격의 변화를 동일한 시간대와 순서대로 측정하여 paired T test를 사용하여 비교하였다.

그 후 관상동맥 성형술을 시행한 혈관에 따라, 임상적 진단에 따라 급성 심근경색이 있던 군과 심근경색이 없던 군으로 나누어서, 다혈관 질환군과 단일 혈관 질환군으로 나누어서, 각각의 관상동맥 성형술 직전, 풍선확장 도중, 풍선확장 1분 후, 풍선확장 5분 후, 풍선확장 10분 후에 측정된 QT 간격과 교정QT 간격, QT 간격분산과 교정QT 간격분산을 ANOVA test를 사용하여 비교하였다.

모든 환자들의 QT 간격과 QT 간격분산은 동일 연구자가 지속적으로 QT 간격을 2회 반복측정 하여 평균값

을 구하여 사용하였고, Pearson 상관계수를 사용하여 관찰자내 변이를 얻었다. 통계프로그램은 SPSS for Windows(Release 7.5 SPSS)를 사용하였다. 통계적 유의성은 p value가 0.05이하인 경우로 하였고, 모든 통계치는 평균±표준편차로 표시하였다.

결 과

심전도상의 이상과 QT 간격과 간격분산의 관찰자내 변이

관상동맥 성형술 시행 이전 급성 심근경색증으로 진단된 9명 중 5명이 심전도상 비정상적인 Q파를 보였고, T파의 이상을 보인 경우는 전체 46명 중 13명에서 관찰되었다. 관상동맥 풍선확장 도중 ST분절의 상승을 보인 경우가 3명, 하강을 보인 경우가 5명에서 관찰되었다. 그러나 이러한 심전도의 변화는 풍선확장을 끝낸 후 신속하게 소실되었고 영구적인 합병증은 없었다. 전체 환자들을 대상으로 한 관찰자내 변이 값 계산에서 r값은 0.87이었고 p값은 0.02였다.

풍선확장을 전후한 QT 간격분산과 교정QT 간격분산

전체 환자들을 대상으로 한 관상동맥 성형술 직전, 풍선확장 도중, 풍선확장 1분 후, 풍선확장 5분 후, 풍선확장 10분 후의 QT 간격분산의 변화는 심근에 허혈이 유발되기 전 값과 비교해서 허혈이 유발되는 시점인 풍선확장 도중 54.56±16.89 msec로 유의하게 증가 하였다가, 허혈이 회복되고 1분 후에는 50.91±14.20 msec로 감소되는 경향을 보였고, 풍선확장 5분 후에는 45.52±

Table 2. Serial QT & corrected QT dispersion (msec)

	Pre-balloon	Balloon	1 min	5 min	10 min
QTd	35.21±10.36	54.56±16.89*	50.91±14.20*	45.52± 9.60*	38.56±10.89
cQTd	38.94±11.48	59.90±18.03*	56.29±15.53*	50.45±11.11*	42.53±12.14

* : relevant to pre-balloon with p<0.05, QTd : QT dispersion, cQTd : corrected QT dispersion

Table 3. (Corrected) QT dispersion (msec) according to the balloon site

	Pre-balloon	Balloon	1 min	5 min	10 min
LAD (n=16)	37.0 ±12.31 (40.49±12.83)	56.68±20.41* (62.57±20.31)*	56.19±15.94 * (61.32±15.80)*	45.56± 9.33 * (50.45± 9.69)*	39.93±11.62 (43.59±12.60)
RCA (n=16)	34.43± 9.35 (38.55±11.18)	53.19±14.55 * (57.91±38.55)*	49.75±12.87 * (54.48±15.10)*	46.40±10.08 * (52.03±13.06)*	37.46±10.19 (41.72±11.78)
LCX (n=14)	34.07± 9.45 (37.62±10.81)	53.71±15.97 * (59.12±18.52)*	46.21±12.42 * (52.62±15.29)*	44.46±10.04 * (48.61±10.92)*	38.28±11.45 (42.27±12.83)

* : relevant to pre-balloon with p<0.05, LAD : left anterior descending artery, RCA : right coronary artery, LCX : left circumflex artery

9.6 msec로 감소되는 경향을 보였다. 풍선확장이 끝난 후 10분이 경과한 후에 QT 간격분산은 38.56 ± 10.89 msec로 감소하였고 이 값은 풍선확장 이전과 유의한 차이를 보이지는 않았다(Table 2). 교정QT 간격분산도 역시 유사한 양상을 보였다(Table 2).

임상 진단과 협착이 있는 혈관의 위치에 따른 교정QT 간격분산의 변화

협착이 있는 혈관별로 관상동맥 성형술 후 QT 간격분산의 변화는 전체 환자들에서 나타난 변화와 유사한 양상의 시간대별 변화를 보였으며, 협착이 있는 혈관에 따라 유의한 차이를 보이지는 않았다(Table 3). 좌전하행지의 경우 풍선확장을 하기 전 QT 간격분산은 37.0 ± 12.31 msec이었고, 풍선확장을 하는 도중에는 56.68 ± 20.41 msec로 유의하게 증가되었고, 풍선확장 1분 후에는 56.19 ± 15.94 msec, 풍선확장 5분 후에는 45.56 ± 9.33 msec로 감소되는 경향을 보였고, 풍선확장 10분 후에는 39.93 ± 11.62 msec로 풍선확장이전과 유사한 수준에 도달하였다. 좌회선지의 경우 풍선확장 이전에 QT 간격분산은 34.07 ± 9.45 msec였고, 풍선확장 도중에는 53.71 ± 15.97 msec로 유의하게 증가되었고, 이후 점차 감소되는 경향을 보여 풍선확장 1분 후에는 46.21 ± 12.42 msec, 풍선확장 5분 후에는 44.46 ± 10.04 msec로 감소되는 경향을 보였고, 풍선확장 10분 후에는 38.28 ± 11.45 msec로 감소되어 풍선확장 이전과 유의한 차이가 없었다. 우관상동맥의 경우에도 QT 간격분산은 풍선확장 이전에는 34.43 ± 9.35 msec였고, 풍선확장 도중에는 53.19 ± 14.55 msec로 유의하게 증가하였다가 이후 감소되는 경향을 보여서, 풍선확장

1분 후에는 49.75 ± 12.87 msec, 풍선확장 5분 후에는 46.40 ± 10.08 msec로 감소되는 경향을 보였고, 풍선확장 10분 후에는 37.46 ± 10.19 msec로 감소하여 풍선확장 이전과 비교해 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 3). 교정QT 간격분산도 협착이 있는 혈관별로 QT 간격분산과 유사한 변화를 보였고 협착이 있는 혈관에 따른 차이는 보이지 않았다(Table 3).

급성 심근경색이 있었던 군과 없는 군의 비교에서도 QT 간격분산과 교정QT 간격분산에 유의한 차이는 없었고(Table 4), 관상동맥 성형술을 진행하면서 시간별 변화는 전체 환자들을 대상으로 한 변화와 유사한 양상을 보였다(Table 4). 급성 심근경색이 있는 환자군에서 QT 간격분산은 풍선확장 이전에는 40.22 ± 16.46 msec였고, 풍선확장 도중에는 52.33 ± 18.17 msec로 유의하게 증가되었고, 이후 점차 감소되는 경향을 보여 풍선확장 1분 후에는 50.22 ± 15.35 msec, 풍선확장 5분 후에는 50.50 ± 9.35 msec로 감소되는 경향을 보였고, 풍선확장 10분 후에는 37.37 ± 8.13 msec로 감소되어 풍선확장 이전과 유의한 차이가 없었다. 심근경색이 없었던 군에서는 QT 간격분산은 풍선확장 이전에는 34.00 ± 8.13 msec였고, 풍선확장 도중에는 55.10 ± 16.79 msec로 유의하게 증가되었고, 이후 점차 감소되는 경향을 보여 풍선확장 1분 후에는 51.08 ± 14.13 msec, 풍선확장 5분 후에는 44.41 ± 9.43 msec로 감소되는 경향을 보였고, 풍선확장 10분 후에는 38.83 ± 10.06 msec로 감소되어 풍선확장 이전과 유의한 차이가 없었다(Table 4).

다혈관 협착이 있는 군과 단일 혈관 협착이 있는 군에서 공히 관상동맥 성형술을 시행해 나가면서 나타나는 QT 간격분산과 교정QT 간격분산의 시간대별 변화

Table 4. (Corrected) QT dispersion (msec) for AMI & nonMI

	Pre-balloon	Balloon	1 min	5 min	10 min
AMI (n= 9)	40.22 ± 16.46 (44.03 ± 17.36)	$52.33 \pm 18.17^*$ (57.74 ± 18.20)*	$50.22 \pm 15.35^*$ (56.90 ± 17.85)*	$50.50 \pm 9.35^*$ (55.53 ± 9.20)*	37.37 ± 14.83 40.07 ± 15.14
NonMI (n=37)	34.00 ± 8.13 (37.71 ± 9.48)	$55.10 \pm 16.79^*$ (60.42 ± 18.20)*	$51.08 \pm 14.13^*$ (56.14 ± 15.18)*	$44.41 \pm 9.43^*$ (49.32 ± 11.29)*	38.83 ± 10.06 (43.08 ± 11.55)

* : relevant to pre-balloon with $p < 0.05$, AMI : acute myocardial infarction, nonMI : non myocardial infarction

Table 5. (Corrected) QT dispersion (msec) according to the number of vessels involved

	Pre-balloon	Balloon	1 min	5 min	10 min
1VS (n=27)	36.41 ± 11.44 (39.65 ± 12.25)	$57.92 \pm 17.11^*$ (63.25 ± 17.86)*	$51.88 \pm 14.77^*$ (57.33 ± 15.83)*	$45.29 \pm 10.10^*$ (49.76 ± 11.37)*	35.61 ± 11.63 (38.67 ± 12.01)
Multi-VS (n=19)	33.52 ± 8.59 (37.93 ± 10.52)	$49.78 \pm 15.80^*$ (55.13 ± 17.64)*	$49.52 \pm 13.64^*$ (54.80 ± 15.38)*	$45.88 \pm 9.04^*$ (51.53 ± 10.93)*	$42.83 \pm 8.27^*$ (48.11 ± 10.23)*

* : relevant to pre-balloon with $p < 0.05$, VS : vessel

는 전체 환자들을 대상으로 한 변화양상과 유사하였고 (Table 5), 양군간 비교에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 다혈관 협착이 있는 군에서 QT 간격분산은 풍선확장이전에는 33.52 ± 8.59 msec였고, 풍선확장 도중에는 49.78 ± 15.80 msec로 유의하게 증가되었고, 이후 점차 감소되는 경향을 보여 풍선확장 1분 후에는 49.52 ± 13.64 msec, 풍선확장 5분 후에는 45.88 ± 9.04 msec로 감소되는 경향을 보였고, 풍선확장 10분 후에는 42.83 ± 8.27 msec로 감소되었다. 단일혈관 협착이 있는 군에서 QT 간격분산은 풍선확장 이전에는 36.41 ± 11.44 msec였고, 풍선확장 도중에는 57.92 ± 17.11 msec로 유의하게 증가되었고, 이후 점차 감소되는 경향을 보여 풍선확장 1분 후에는 51.88 ± 14.77 msec, 풍선확장 5분 후에는 45.29 ± 10.10 msec로 감소되는 경향을 보였고, 풍선확장 10분 후에는 35.61 ± 11.63 msec로 감소되어 풍선확장이전과 유의한 차이는 없었다(Table 5).

관상동맥 성형술을 시행하는 혈관에 따른 QT 간격의 변화

좌전하행지를 풍선확장하는 경우 V2 유도에서 풍선확장 이전 QT 간격은 392.81 ± 26.25 msec였고, 풍선확장 도중에는 376.13 ± 26.54 msec로 유의하게 증가되었고, V3 유도에서 풍선확장 이전 QT 간격은 403.87 ± 26.27 msec였고, 풍선확장 도중에는 393.69 ± 31.49 msec로 유의하게 증가되어 V2, V3유도에서 일시적인 QT 간격의 증가를 보였다. 그러나 풍선확장 1분, 5분, 10분 후에는 상기 유도에서 유의한 변화를 보이지는 않

았다. 오히려 풍선확장 5분 후에는 aVR, V1유도에서 일시적인 QT 간격의 증가를 보였다.

우관상동맥에 풍선확장을 시행하는 경우 V4 유도에서 풍선확장 이전 QT 간격은 390.80 ± 31.12 msec였고, 풍선확장 1분 후 407.56 ± 22.10 msec로 일시적으로 유의한 증가를 보였다. 그러나 II, III, aVF유도에서는 풍선확장을 전후로 유의한 QT 간격의 변화는 없었다 (Table 6).

좌회선지를 풍선확장 하는 경우에는 V3 유도에서 풍선확장 이전 QT 간격은 392.78 ± 30.08 msec였고, 풍선확장 1분 후 406.69 ± 24.99 msec로 일시적으로 유의한 증가를 보였다. 그러나 I, aVL, V6 등의 유도에서는 유의한 변화를 보이지 않았다(Table 7).

고 찰

풍선확장을 시행하는 동안 전체 환자들의 QT 간격분산의 변화

관상동맥 성형술을 시행하면 시술을 시행하는 혈관에는 일시적인 허혈이 유발된다. 동물 실험에서 이러한 심근의 허혈과 재관류는 심근 세포의 활동전위기간과 전도속도를 변화시키고 심실 재분극의 불균질성이 발생하는 것으로 보고되고 있다.⁸⁾⁹⁾ 이러한 심근의 재분극의 불균질성은 표준 12유도 심전도상 QT 간격분산의 증가로 나타난다.⁸⁾⁹⁾ 본 연구에서 QT 간격분산은 심근에 허혈이 유발됨과 동시에 빠른 속도로 증가하고, 허혈이 회복되면서 QT 간격분산은 유의한 속도로 감소되기 시작해서 풍선확장에 의한 허혈에서 회복 후 10분 정도

Table 6. QT intercal (msec) during PTCA (RCA)

	PrePTCA	Balloon	1 min	5 min	10 min
I	389.56 ± 25.89	393.62 ± 24.18	397.12 ± 27.60	390.60 ± 29.39	389.86 ± 27.57
II	390.06 ± 29.46	387.87 ± 26.16	402.81 ± 26.13	393.00 ± 30.14	392.40 ± 25.60
III	392.25 ± 31.25	387.00 ± 27.21	404.86 ± 25.68	393.40 ± 32.47	395.00 ± 26.87
aVR	396.06 ± 36.73	399.06 ± 31.40	409.62 ± 29.74	410.93 ± 38.53	401.80 ± 27.65
aVL	396.20 ± 31.48	389.31 ± 29.23	396.81 ± 30.64	395.66 ± 34.54	396.86 ± 27.67
aVF	393.06 ± 32.71	392.81 ± 31.66	403.40 ± 31.70	407.93 ± 29.81	402.36 ± 27.74
V1	385.93 ± 31.18	381.62 ± 33.44	393.87 ± 32.87	392.92 ± 29.03	394.20 ± 26.19
V2	389.87 ± 26.81	384.50 ± 26.09	397.75 ± 23.80	391.93 ± 30.62	390.0 ± 21.89
V3	394.31 ± 30.02	398.75 ± 33.41	406.93 ± 25.92	396.80 ± 30.24	396.93 ± 20.86
V4	393.80 ± 31.12	403.46 ± 36.1	$407.56 \pm 22.10^*$	402.60 ± 30.06	401.0 ± 23.85
V5	396.43 ± 28.58	397.37 ± 33.77	408.43 ± 20.88	400.53 ± 28.41	402.14 ± 28.76
V6	395.06 ± 27.33	391.5 ± 30.93	410.0 ± 18.40	400.47 ± 34.85	402.06 ± 17.56

* : relevant to pre-balloon with $p < 0.05$, RCA : right coronary artery

Table 7. QT intercal (msec) during PTCA (LCX)

	PrePTCA	Balloon	1 min	5 min	10 min
I	387.07±26.27	386.07±26.82	390.85±25.07	392.0 ±22.68	389.07±24.39
II	392.36±31.36	382.21±38.48	390.21±27.09	389.84±29.29	388.36±27.95
III	390.35±28.66	388.42±33.94	398.0 ±27.03	396.46±29.99	393.78±28.16
αVR	390.43±35.60	394.71±37.58	399.57±31.67	404.15±32.98	399.61±28.68
αVL	389.36±29.61	384.78±38.54	390.64±27.29	404.16±32.98	396.92±29.34
αVF	386.14±31.23	393.86±30.24	396.78±27.75	400.30±30.92	392.85±28.57
V1	385.43±28.68	383.64±31.49	390.78±23.55	395.38±27.60	395.14±24.97
V2	387.0 ±29.59	393.64±31.79	394.50±28.09	398.38±26.34	395.14±24.97
V3	392.78±30.08	400.07±27.81	406.69±24.99*	404.0 ±28.82	397.71±29.73
V4	399.64±31.79	394.50±32.69	400.50±26.93	403.92±30.79	397.64±31.94
V5	400.14±28.98	399.78±30.10	406.64±27.71	403.46±27.70	399.35±31.88
V6	396.71±28.55	398.78±31.35	403.78±31.63	402.38±23.81	400.64±27.31

* : relevant to pre-balloon with $p < 0.05$, LCX : left circumflex coronary artery

가 지나고 나면 풍선확장에 의한 허혈이 일어나기 전과 유사한 정도까지 감소되었다. 교정QT 간격분산 역시 유사한 양상의 변화를 보여 허혈이 유발된 후 빠르게 증가되고 허혈에서 회복된 후 빠르게 감소하는 양상을 보였다.

Michelucci 등⁸⁾은 단일 관상동맥에 85% 이상의 협착이 있는 15명의 환자들을 대상으로 관상동맥 성형술 중 QT 간격분산의 변화를 관찰해서 QT 간격분산이 풍선확장 중에 급격히 증가하고 풍선확장 1분 후에는 풍선 확장을 하는 도중에 비해 QT 간격분산이 감소됨을 보고하여 풍선 확장술에 의한 급성 허혈에 대한 QT 간격분산의 변화가 본 연구에서와 같이 혈행의 호전이 있으면 신속히 호전되는 결과를 보였다.

Kelly 등¹⁸⁾은 관상동맥 성형술을 시행한 94명을 대상으로 QT 간격분산을 관찰해서 관상동맥 성형술 4시간 이후에는 QT 간격분산이 관상동맥 성형술 이전과 비교해서 유의하게 감소됨을 보고하였다. 이러한 이전의 여러 연구들과 본 연구 결과를 종합해서 유추해 볼 때 QT 간격분산과 교정QT 간격분산의 증가는 심근에 허혈이 발생한 직후부터 일어남을 알 수 있었고, 심근의 허혈이 호전되면 곧바로 감소되기 시작해서 풍선 확장에 의한 심근의 급성 허혈이 해소되고 난 후 10분이 지나면 풍선 확장을 시행하기 전 상태와 유사한 정도까지 감소되는 것을 알 수 있었다. 그러나 실제 본 연구에서는 심전도 측정을 첫번째 풍선확장을 기준으로 한 관게로 향후 시술의 진행 및 전산화된 심전도의 획득과 기타 조건들의 표준화를 위하여 방법론적인 문제로 관찰시간을 10

분으로 제한하여 풍선확장술 후 QT 간격분산이 기저치보다 감소되는 시간대는 확인하지는 못했다.

풍선확장 10분 후의 QT 간격분산은 통계적 유의성은 없지만 기저치에 비해 높은 경향을 보였는데 이 결과는 Kelly 등¹⁸⁾의 연구에서 발표된 바와 같이 관동맥의 허혈이 개선된 직후부터 QT 간격 분산이 신속하게 정상화 되거나 풍선확장 이전에 비해서 유의하게 감소하지 않는다는 결과와 부합하는 결과로 생각된다. 이렇게 심근의 허혈이 혈행의 개선 이후 곧바로 QT 간격분산이 정상화 되지 않는 데는 심근 미세 혈류 미개선, 혈행의 개선 이후에 지속되는 재분극이상, 심근 세포의 대사 이상 등이 관여하리라 생각된다. 정리해보면 외국의 여러 연구들과 유사한 결과로서 관상동맥 풍선확장술 이후에도 QT 간격분산이 신속하게 기저치에 비해서 회복되지 않는다는 사실을 본 연구에서도 확인할 수 있었고 QT 간격분산이 정상화 되는 시간에 대해서는 관찰시간을 연장한 연구가 필요하리라 사료된다.

QT 간격분산값의 정상 범위는 연구에 따라 다양한 것으로 알려져 있다. 몇몇 외국의 연구들이 QT 간격분산의 정상치를 50~55 msec 내외¹⁹⁾로 보고하기도 한 바 있으나 실제 이 값과 다른 결과를 발표한 연구도 많다. Kelly 등¹⁸⁾의 연구에 발표된 바에 의하면 정상치에 비해 QT 간격분산의 연장이 예상되는 관상동맥에 유의한 협착을 가진 환자들의 관상동맥 풍선성형술 이전의 QT 간격분산의 평균값은 43±17 msec였고, Okishige 등²³⁾의 연구에 포함된 관상동맥 협착 환자들의 풍선 성형술 이전 기저 QT 간격분산은 25±11 msec였다. 국내 보

고에 의하면 신 등⁶⁾의 연구에서 불안정 협심증 환자에서 심근 허혈로 인해 흉통이 발생하는 경우 QT 간격분산이 117.9 ± 57.1 msec, 흉통이 없는 경우는 69.8 ± 30.2 msec로 보고하여 외국의 연구들과 차이를 보이고 있다. 이러한 차이들은 심전도의 측정방법 및 QT 간격분산의 측정 방법, 사용 프로그램의 차이 등 여러 가지 요소에 발생된 것으로 생각된다.²⁸⁾ 그러므로 향후 QT 간격분산의 적절한 정상 범위를 설정하기 위한 연구가 필요하겠고, QT 간격분산의 정상치의 확립은 유용성을 더욱 높일 수 있을 것으로 사료된다.

임상 진단과 혈관의 위치에 따른 QT 간격분산과 교정QT 간격분산의 변화 저자들은 좌전하행지 허혈의 경우 좌회선지나 우관상동맥에 비해 QT 간격분산과 교정QT 간격분산에 현저한 영향을 기대하였다. 심근 허혈시의 전기적 불균형은 좌전하행지의 경우가 좌회선지나 우관상동맥에 비해 더 심할 것으로 예상되었고 심실내의 재분극의 불균형은 QT 간격과 QT 간격분산으로 반영되어 나타날 것으로 생각되었다. 실제로 Moreno 등¹⁹⁾은 급성 심근경색환자 244명을 대상으로 한 연구에서 혈전 용해제 치료를 전후한 QT 간격분산을 비교해서 좌전하행지에 협착이 존재하는 경우 좌회선지나 우관상동맥에 병소가 있는 경우보다 QT 간격분산과 교정QT 간격분산의 증가가 현저함을 보고한 바 있다. 그러나 본 연구에서는 실제 풍선확장을 시행한 혈관의 위치별로는 유의한 차이를 보이지 않았다. 차이의 원인은 기본적으로 심근의 허혈이 지속된 시간과 치료방법의 차이에 의한 것으로 의심된다. 본 연구에서 풍선확장을 통한 관상동맥의 허혈은 대부분이 60초 내외의 짧은 시간동안 지속된 것이었으나 Moreno 등¹⁹⁾의 연구에 포함된 심근 경색 환자들은 평균 2.6시간의 흉통 지속시간을 보였다.¹⁹⁾ 그리고 Moreno 등¹⁹⁾의 연구에서 치료법은 풍선확장술들의 치료에 비해 관상동맥의 TIMI III의 혈행 개선율이 떨어지는 혈전 용해제 치료여서 풍선확장 이후 모든 예에서 혈행의 완전한 회복을 보인 본 연구와는 차이가 있다. 이러한 허혈의 지속 시간차이와 치료방법의 차이로 인한 차이가 QT 간격분산의 차이에 결정적 영향을 주었으리라 생각된다. 그 외 본 연구에서 대상 환자들의 흉통이 소실되고 비교적 심근의 허혈이 안정된 상태에서 QT 간격과 QT 간격분산이 측정된 점과 Moreno 등¹⁹⁾의 연구에서와는 달리 본 연구에서 급성 심근경색환자와 안정형 및 불안정 협심증 환자들이

연구대상에 포함된 점이 양 연구간 결과 차이의 원인으로 사료된다. Yunus 등⁷⁾도 관상동맥 풍선 성형술을 시행하는 경우 혈관에 따른 QT 간격분산의 차이는 없는 것으로 보고하여 본 연구와 동일한 결론을 발표한 바 있고, 향후에 협착이 존재하는 혈관의 위치에 따른 QT 간격분산에 대한 연구는 더 많은 수의 환자들을 대상으로 하여 시행하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

저자 등은 심근의 허혈이 상대적으로 심할 것으로 생각되는 다혈관 질환군이나 급성 심근경색 환자군과 심근의 허혈이 상대적으로 경할 것으로 예상되는 안정형 및 불안정형 협심증 환자들의 QT 간격분산과 교정QT 간격분산의 차이를 기대하며 양군들간에 QT 간격분산과 교정QT 간격분산을 비교해 보았으나 양군 사이의 유의한 차이는 없었으며 관상동맥 성형술 도중 시간대별 변화양상은 양군 모두 전체 환자군과 유사하였다.

본 연구에서 급성 심근경색이 있는 환자군이나 다혈관 협착이 있는 환자군에서 모두 공통적으로 협심증 환자군이나 단일 혈관 환자군에 비해 QT 간격분산과 교정QT 간격분산의 차이를 보이지 않은 데는 몇 가지 원인이 작용하는 것으로 생각된다. 먼저 관상동맥 성형술이 시행된 시점이 환자들의 임상상태에서 원인을 찾아볼 수 있겠다. 급성 심근경색 환자들의 경우 관상동맥 성형술 시행 당시 총 9명의 환자들 중 7명(77.7%)이 혈전 용해제 치료를 받고 흉통이 소실되고, 심근효소치 및 심전도가 정상화된 상태였고, 다혈관 질환 환자들도 흉통이나 심전도 소견이 안정된 상태에서 관상동맥 조영술을 시행하였다. 임상적 진단에서는 심근 경색과 협심증으로 나누어지지만 대부분의 심근 경색 환자의 경우도 재관류가 부분적으로 이루어진 상태에서 관상동맥 성형술이 이루어진 점이 양 군들간의 차이를 없앤 요인으로 생각된다. 재관류가 부분적으로라도 이루어진 상태에서 경색 관여 혈관에 대한 일시적 풍선확장과 혈행의 차단은 심근 경색군과 협심증 환자군에서 공통적인 기전으로 작용하여 일시적이고 완전한 심근의 허혈을 유발하게 되고 결국 QT 간격분산도 유사한 범위 내에서 측정된 것으로 생각된다. 단일 혈관 질환과 다혈관 질환의 경우도 유사한 기전이 작용하여 양군간에 차이를 줄였으리라 예상되는 바이다.

부가적으로 QT 간격분산에 영향을 줄 수 있는 베타 차단제나 칼슘 길항제의 중단도 더 조기에 시행하였다면 약물에 의한 QT 간격분산에 대한 영향을 줄일 수 있

었을 것으로 사료된다. 그러나 임상적으로 급성 관상동맥 증후군이 있는 환자들에서 상기 약제들을 중단하는 것은 환자의 예후에 영향을 줄 것으로 판단되어 24시간 이상 약물을 중단하지는 못했다.

그 외 Okishige 등²³⁾이 보고한 허혈 전조치도 각 군들간에 QT 간격분산과 교정QT 간격분산의 차이를 줄인 인자로 생각된다. Okishige 등²³⁾은 47명의 안정형 협심증 환자들을 대상으로 관상동맥 성형술을 시행하는 경우 반복적으로 협착이 있는 혈관에 풍선확장을 하는 경우 QT 간격분산이 풍선 확장을 반복할수록 감소됨을 보고 하였다. 본 연구에 포함된 심근경색 환자의 경우 다수가 재관류 치료를 받은 상태이거나 흉통이나 심근 효소의 상승이 정상화 된 상태였는데 이러한 심허혈 상태를 경험한 것은 심근에 일종의 전조치 효과로 작용했을 것으로 사료되며 관상동맥 성형술 도중 풍선확장으로 인해 유발된 일시적이고 완전한 허혈에 의해 안정형 협심증환자군과 심근 경색 환자군에서 QT 간격 분산의 차이를 감소시킨 요인으로 작용한 것으로 생각된다. 본 연구의 결과는 심근에 가해지는 반복적인 허혈은 QT 간격분산을 오히려 감소시킨다는 Okishige 등²³⁾의 심근의 전조치 효과에 대한 보고에 부합되는 결과가 반영된 것으로 생각된다. 아울러 임상진단이나 허혈이 존재하는 혈관의 수에 따른 QT 간격분산과 교정QT 간격분산의 비교에는 위의 요소들을 고려한 많은 수의 환자들을 대상으로 한 연구가 필요하리라 생각된다.

Loo 등²²⁾은 급성 심근경색 환자군과 정상인의 비교에서 급성 심근경색 환자군에서 QT 간격분산과 교정QT 간격분산의 유의한 증가를 보고한 바 있다. Shin 등⁶⁾도 안정형 및 불안정형 협심증 환자비교에서 심근의 허혈이 동반되는 경우 QT 간격분산과 교정QT 간격분산의 증가를 보고하였다. 본 연구의 결과와 위 연구들을 종합해 보면 급성 심근 허혈에 의해 QT 간격분산과 교정QT 간격분산은 공히 신속하고 통계적으로 유의한 증가를 보임을 알 수 있었다.

QT 간격과 교정QT 간격의 변화

심근의 허혈에 대한 QT 간격의 변화는 현재까지 논의가 진행중인 상태이다. Day 등¹⁾과 Taggart 등²⁴⁾에 의하면 QT 간격은 전기적으로 심실의 탈분극의 시작점에서 재분극이 끝나는 시점까지를 의미하며 심근의 허혈은 전기적 재분극의 장애를 유발하며 허혈에 의해 QT

간격이 증가됨을 보고하였다. 이에 반해 Maeda 등²⁵⁾은 심근의 허혈이 QT 간격과 교정QT 간격을 감소시킨다고 보고하였다. 이러한 불일치는 심근 허혈의 기간, 심한정도, 범위, 빈도, 허혈영역의 넓이, 심근 조직의 상태(정상, 허혈 상태, 경색 상태 등) 등 다양한 개인 간의 차이에 기인하는 것으로 간주되고 있다.¹⁸⁾

저자들은 관상동맥 성형술을 전후해서 유발되는 급성 허혈에 의한 QT 간격과 교정QT 간격의 변화를 알아보고자 하였다. 좌전하행지에 풍선 확장을 시행하는 경우 전흉부 유도 중 V1, V2, V3유도에서, 좌회선지를 풍선 확장하는 경우 I, aVL, V5, V6유도에서, 우관상동맥을 풍선 확장하는 경우 II, III, aVF유도에서 지속적인 QT 간격과 교정QT 간격의 변화를 기대하였으나 실제로 이러한 유도에서 지속적이고 유의한 QT 간격과 교정QT 간격의 연장은 없었다(Table 6, 7). 좌전 하행지의 경우 풍선 확장도중 V2, V3유도에 유의한 QT 간격의 변화가 있었지만 일시적이었고 다른 시점이나 다른 유도에서는 변화를 보여주지 못했다. 실제 좌전 하행지의 풍선 확장도중 QT 간격분산의 변화는 풍선 확장 후 5분까지 지속되었던 점을 고려한다면 V2, V3유도의 풍선 확장도중만 제한적으로 발생한 일시적 QT 간격의 변동이 QT 간격분산의 원인으로 간주되기는 어려워 보인다.

이렇게 QT 간격과 교정QT 간격이 허혈이 유발되는 관상동맥에 따라 차이를 보이지 않는 것은 환자 개인마다의 관상동맥의 선천적인 발달의 차이, 측부 순환의 발달 유무, 협착의 혈관내 위치(혈관의 근위부 또는 말단부), 심장의 전위도(rotation) 등 여러 가지 요소들에 의한 영향으로 생각되고, QT 간격과 교정QT 간격이 심근의 허혈에 의해 연장되는지에 대한 결론은 이러한 요소들을 고려해서 환자들을 분류한 후 많은 수의 환자들을 대상으로 한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구에서 풍선 확장술을 하는 경우 일부 유도에서 일시적으로 유의한 QT 간격의 증가를 보이기는 하였으나 QT 간격에 영향을 미칠 수 있는 인자들이 너무 다양해서 이번 연구의 결과만으로 QT 간격과 심근 허혈의 관계를 논하는 것은 한계가 있는 것으로 판단된다. 부가적으로 급성 허혈에 의해 유발되는 QT 간격분산에 대한 QT 간격의 영향과 정도도 관상 동맥의 혈행 분포와 측부 순환, 허혈의 심화도, 지속시간, 허혈심근의 넓이, 상태 등 다양한 요소들을 충분히 고려한 후 결정하는 것이 타당하다고 생각된다.

결론적으로 QT 간격분산과 교정QT 간격분산은 관상동맥에 완전 혈류차단이 발생함과 동시에 유의하게 증가되고 혈행이 회복되고 10분 정도가 경과하면 혈행의 차단이 발생하기 이전과 유사한 수준으로 감소되었다. 따라서 증가된 QT 간격분산과 교정QT 간격분산은 관상동맥 질환 환자에서 급성 심근 허혈을 의심하는 근거가 될 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점

본 연구에서는 QT 간격분산을 측정함에 있어 기존의 아날로그형 심전도를 대신하여 모든 심전도를 전산화된 상태로 저장하여 QT 간격측정의 정확성을 기하고자 하였다. 그러나 관찰자간 변이를 측정하지 못한 것은 본 연구의 방법론적 제한점으로 생각된다.

QT 간격분산의 원인을 규명하려는 의도에서 허혈이 발생하는 심근에 해당하는 표준 심전도의 유도에서 QT 간격의 변화를 측정하였으나 QT 간격에 영향을 줄 수 있는 요소들이 많아서 결론을 내리기에는 대상 환자의 수가 상대적으로 부족했고 관상 동맥의 협착부위를 더욱 세분하고 심근의 상태, 허혈의 위치를 더욱 정확하게 판단할 수 있는 심장내 심전도 등의 검사가 동반되었어야 적절한 해석이 가능했을 것으로 사료된다.

그리고 대상 환자들이 복용한 약물들 중 QT 간격에 영향을 줄 수 있는 베타 차단제나 칼슘 길항제 등의 경우 시술 24시간 이전에 중단하였는데 실제 이 약물들의 영향을 배제하기 위해서는 약물 반감기의 4배 이상을 중단하는 것이 적절했을 것으로 생각되나 이런 경우 윤리적으로 문제가 될 것으로 예상되어 실제 투약중단을 더 이른 시간에 시행하지는 못했다.

요 약

배경 및 목적 :

QT 간격분산은 심실 재분극의 불균질성으로 인해 발생하며 심근 허혈이 일어나면 증가하고 혈전용해제 치료 및 관상동맥 성형술 등 재관류치료에 의해 감소되는 것으로 알려져 있고 그 시간은 허혈이 완화된 후 4~24 시간 이후로 알려져 있다. 저자들은 관상동맥 성형술 직후의 QT 간격분산과 교정QT 간격분산이 심근의 허혈에 의한 영향을 반영할 것으로 예상하였고, 관상동맥 성형술 시행 직후의 QT 간격분산과 QT 간격의 변화를 관

찰하여 임상 진단과 협착이 있는 혈관의 위치에 따른 QT 간격분산과 교정QT 간격분산의 변화를 관찰하여 심근의 급성 허혈을 진단할 수 있는 비관혈적 검사로 사용할 수 있는지를 알아보고자 하였다.

방 법 :

경피적 관상동맥 성형술을 시행한 46명(평균연령 59세, 남자 35명)의 환자에서 시술 전, 풍선확장 도중, 풍선확장 1분 후, 5분 후, 10분 후에 표준 12유도 심전도를 시행하여 한명의 관찰자가 QT 간격분산과 교정QT 간격분산, QT 간격의 변화를 측정하였다. 그리고 이 결과를 협착이 있는 혈관 위치별, 단일 혈관 협착이 있는 군과 다혈관 협착이 있는 군, 급성 심근경색이 있었던 군과 없었던 군으로 나누어 비교하였다.

결 과 :

시술 직전, 풍선확장 도중, 풍선확장 1분 후, 5분 후, 10분 후의 QT 간격분산과 교정QT 간격분산은 각각 35.21 ± 10.36 (38.94 ± 11.48) msec, 54.56 ± 16.89 (59.9 ± 18.03) msec, 50.91 ± 14.20 (56.29 ± 15.53) msec, 45.52 ± 9.60 (50.45 ± 11.11) msec, 38.56 ± 10.89 (42.53 ± 12.14) msec로 풍선확장을 시행함으로써 심근에 허혈이 유발되는 시점에 QT 간격분산과 교정QT 간격분산이 유의하게 증가되었고($p < 0.05$), 이후 시술 1분 후부터는 유의하게 감소되기 시작해서 풍선확장 10분 후에는 시술 전에 비해 증가된 양상은 보였으나 통계적 유의성이 없었다.

심근경색이 있는 군과 없는 군, 단일혈관 협착이 있는 군과 없는 군들 사이에 QT 간격분산과 교정QT 간격분산은 유의한 차이를 보이지는 않았다.

QT 간격분산과 교정QT 간격분산의 변화를 일으키는 인자들 중 심근의 허혈로 인한 재분극의 이상을 기대해서 협착이 있는 혈관별로 QT 간격의 차이를 기대하였으나 유의한 차이를 보이지는 않았다.

결 론 :

QT 간격분산과 교정QT 간격분산은 심근허혈이 발생됨과 동시에 유의하게 증가되고 허혈이 사라지고 10분 정도가 경과하면 급성허혈이 발생하기 이전과 유사한 수준으로 감소됨을 볼 때 관상동맥 질환 환자에서 심근의 허혈을 조기에 의심할 수 있는 비관혈적인 지표로 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

중심 단어 : QT 간격분산 ; 관상동맥 성형술 ; 심근 허혈.

REFERENCES

- 1) Day CP, McComb JM, Campbell RW. *QT dispersion: an indication of arrhythmia risk in patients with long QT interval. Br Heart J* 1990;63:342-4.
- 2) Priori SG, Napolitano C, Diehl L, Schwartz PJ. *Dispersion of the QT interval: a marker of therapeutic efficacy in the idiopathic long QT syndrome. Circulation* 1994;89:1681-9.
- 3) Hii JT, Wyse DG, Gillis AM, Duff HJ, Solyo MA, Mitchell LB. *Precordial QT interval dispersion as a marker of torsade de pointes. Circulation* 1992;86:1376-82.
- 4) Higham PD, Hilton CJ, Achinson JD. *QT dispersion does reflect regional variation in ventricular recovery. Circulation* 1992;86 (Suppl 1):392.
- 5) Mirvis DM. *Spatial variation of the QT intervals in normal persons and patients with acute myocardial infarction. J Am Coll Cardiol* 1985;5:625-31.
- 6) Shin JH, Rho TH, Ko SH, Lee HS, Yoon JG, Kim HY, Kim JJ, Kim JH, Choi KB, Hong SJ. *The changes of QT dispersion with or without chest pain in unstable angina. Korean Circ J* 1996;26:962-7.
- 7) Yunus A, Gillis AM, Traboulsi M, Duff HJ, Wyse DG, Knudtson ML, Mitchell LB. *Effect of coronary angioplasty on precordial QT dispersion. Am J Cardiol* 1997;79:1339-42.
- 8) Michelucci A, Padeletti L, Frati M, Mininni S, Chelucci A, Stochino ML, Simonetti I, Giglioli C, Margheri M, Gensini GF. *Effects of ischemia and reperfusion on QT dispersion during coronary angioplasty. Pacing Clin Electrophysiol* 1996;19:1905-8.
- 9) Allison TB, Holsinger JW Jr. *Myocardial metabolism and regional myocardial blood flow in the canine left ventricle following 20 minutes of circumflex artery occlusion and reperfusion. J Mol Cell Cardiol* 1983;15:151-61.
- 10) Lee HS, Cross SJ, Rawles J, Jennings KP. *QT dispersion in patients with coronary artery disease: effect of exercise, dobutamine and dipyridamole myocardial stress [abstract]. Eur Heart J* 1993;14:210.
- 11) Cui G, Sen L, Sager P, Uppal P, Singh BM. *Effects of amiodarone, sotalol and sotalol on QT dispersion. Am J Cardiol* 1994;74:896-900.
- 12) Barr CS, Naas A, Freeman M, Lang CC, Struthers AD. *QT dispersion and sudden unexpected death in chronic heart failure. Lancet* 1994;343:327-9.
- 13) Buja G, Miorelli M, Turrini P, Melacini P, Nava A. *Comparison of QT dispersion in hypertrophic cardiomyopathy between patients with and without ventricular arrhythmias and sudden death. Am J Cardiol* 1993;72:973-6.
- 14) Pekiomaki JS, Koistinen J, Yli-Mayry S, Huikuri HV. *Dispersion of QT interval in patients with and without susceptibility to ventricular tachyarrhythmias after previous myocardial infarction. J Am Coll Cardiol* 1995;26:174-9.
- 15) Misier AR, Opthof T, van Hemel NM, Vermeulen JT, de Bakker JM, Defauw JJ, van Capelle FJ, Janse MJ. *Dispersion of refractoriness in noninfarcted myocardium of patients with ventricular tachycardia or ventricular fibrillation after myocardial infarction. Circulation* 1995;91:2566-72.
- 16) Glancy JM, Garratt CJ, Woods KL, de Bono DP. *QT dispersion and mortality after myocardial infarction. Lancet* 1995;345:945-8.
- 17) Yunus A, Gillis AM, Duff HJ, Wyse DG, Mitchell LB. *Increased precordial QTc dispersion predicts ventricular fibrillation during myocardial infarction. Am J Cardiol* 1996;78:706-8.
- 18) Kelly RF, Parillo JE, Hollenberg SM. *Effect of coronary angioplasty on QT dispersion. Am Heart J* 1997;134:399-405.
- 19) Moreno FL, Vilaneuva MT, Karagounis LA, Anderson JL. *Reduction in QT interval dispersion by successful thrombolytic therapy in acute myocardial infarction. Circulation* 1994;90:94-100.
- 20) Statters DJ, Malik M, Ward DE, Camm AJ. *QT dispersion: problems in methodology and clinical significance. J Cardiovasc Electrophysiol* 1994;5:672-85.
- 21) Bazett HC. *An analysis of the time relations of electrocardiograms. Heart* 1920;7:353-70.
- 22) Loo A, Arendts W, Hohnloser SH. *Variability of QT dispersion measurements in the surface electrocardiogram in patients with acute myocardial infarction and in normal subjects. Am J Cardiol* 1999;74:1113-8.
- 23) Okishige K, Yamashita K, Yoshinaga H, Azegami K, Satoh T, Goseki Y, Fuji S, Ohira H, Satake S. *Electrophysiologic effects of ischemic preconditioning on QT dispersion during coronary angioplasty. J Am Coll Cardiol* 1996;28:70-3.
- 24) Taggart P, Sutton P, Rogerhayward R, Hayward R, Swanton H. *The epicardial electrogram: a quantitative assessment during balloon angioplasty incorporating monophasic action potential recordings. Br Heart J* 1989;62:342-52.
- 25) Maeda T, Saikawa T, Niwa H, Kohmatsu K, Shimoyama N, Hara M, Maruyama T, Ito M, Takaki R. *QT interval shortening and ST elevation in intracoronary ECG during PTCA. Clin Cardiol* 1992;15:525-8.