

24 시간 HOLTER ECG 에서 QT interval 분석을 위한 새로운 Algorithm 에 관한 연구

윤 영모, 이 윤선, 이 경중\*, Nitish V. Thakor\*  
 연세대학교 보건과학대학 의용공학과  
 \*Dept. of Biomed. Eng., School of Medicine, The Johns Hopkins Univ.

"A New algorithm for QT interval analysis in 24 hour Holter ECG"

Hyung-ro Yoon, Youn-sun Lee, Kyoung-Joung Lee\*, Nitish V. Thakor\*  
 Dept. of Med. Eng., College of Health Science, Yonsei Univ.  
 \*Dept. of Biomed. Eng., School of Medicine, The Johns Hopkins Univ.

Abstract

Prolongation in QT corrected interval (QTc) measured in surface ECG, has been shown in the majority of patients to be marker of bad prognosis in postmyocardial infarction patients (PMIP). Hence it would seem logical that dynamic QTc interval measurement can be a very usefull indicator to stratify prognosis in PMIP. We present a new algorithm for QT as well as for QTP (distance value from Q wave onset to T wave peak) intervals measurement in 24 hour ECG Holter tapes. Validation of the algorithm by hand measurement has been done on first beats of 18 Holter tapes, resulting in a magnitude of deviations between 10 and 15 ms. Application on 24 hour Holter ECG signal has also been done.

I. 서 론

Cardiovascular disease 는 성인병으로 인한 사망의 주요 비중을 차지하고 있다. 심장병에 의한 사망의 반 이상이 급사로 알려져 있다. 이 중에서도 특히 QT 간격과 PMIP 사이의 관계를 규명하려는 노력이 많이 연구되어져 왔다. (puddu, P.E. et al. 1978; puddu, P.E. and Bourassa, M.G.1988; Schwartz, P.J. and Wolf, S. 1978; Ahnve, S. et al. 1978; Taylor, G.J. et al. 1981) 비정상적인 QTc (QT corrected with Bazett's formula (Bazett, H.C. 1920)) 의 확장은 중증의 심실부정맥, syncope, 급사 (sudden death) 에 직접적인 관계를 갖는다. 이제 우리는 Holter tape로부터 측정되어진 QT의 동특성은 Malignant ventricular arrythala (MVA) (Marti, V. et al. 1988) 의 표시가 될수 있음을 보여졌다.

II. 연구 방법

0.05 - 100Hz (-3db) 의 주파수 특성을 갖는 Holter system (IRC-8500) 에 기록된 lead II 데이터들을 분석하였다. Holter tape 는 DR tape recorder (Teac model R-81)에서 재생되었으며 250의 샘플링 레이트를 갖는 12비트 A/D 변환기를 통하여 IBM-AT 에 입력하였다.

2.1 Preprocessing

먼저 QRS 검출을 위하여 다음과 같은 전달특성을 갖는 저역 미분기 (LPD) 를 사용하였다.

$$G_1(z) = 1 - z^{-5}$$

전폭특성은

$$|G_1(j\omega T)| = 2 |\sin(3\omega T)|$$

여기에서 T 는 샘플링간격, 이득은 0, 지연은 3점이다. 1차 저역필터를 이용하였다.

$$G_2(z) = \frac{1 - z^{-8}}{1 - z^{-1}}$$

전폭특성은

$$|G_2(j\omega T)| = \left| \frac{\sin(4\omega T)}{\sin(1/2\omega T)} \right|$$

여기에서 이득은 8, 3db 차단주파수는 20Hz, 지연시간은 4-1/2점이다. 그림 1에 미분기  $G_1(f)$ , 저역 필터  $G_2(f)$ , 이들의 결합형태  $G_3(f) = G_1(f) * G_2(f)$  를 보인다.

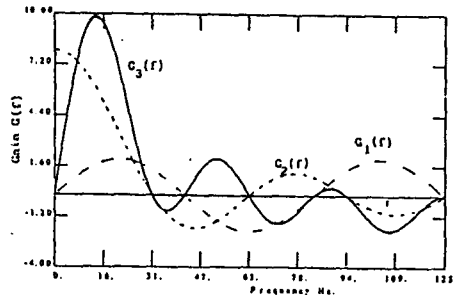


Fig.1 Transfer functions for: Differentiator filter  $G_1(f)$ , lowpass filter  $G_2(f)$ , and combination of both  $G_3(f)$ .

2.2 QRS complex 검출

QRS complex 는 전처리된 신호에 가변문턱치 (adaptive threshold) 방식을 적용시켜 검출한다. 즉 n 번째 비트 (beat)의 문턱치를  $H_n$  으로 정의하고 데이터의 절대값이  $H_n$  보다 큰 값을 갖는 최대치 혹은 최소치를 QRS 로 검출한다. 문턱치의 초기값  $H_1$  은 처음 2 초 동안 입력된 파형중 최대절대값이 PK1 일때  $H_1 = 0.8 PK1$  (점두치의 80%) 에 의하여 구하며, n 번째 비트의 문턱치  $H_{n+1}$  은  $H_n + 1 = 0.8 H_n + 0.2(0.8 PKn)$  에 의하여 결정된다. 또한 비트 검출의 유무를 판정하기 위한 변수로서 평균 RR 간격 (RRavg) 을 다음의 수식을 이용하여 계산한다.

$$RR\ avg = 0.8 RR\ avg + 0.2 RR\ (1.5 RR\ avg > RR > 0.5 RR\ avg)$$

$$= RR\ avg \quad \text{otherwise}$$

### 2.3 R 점과 Q 점의 검색

PkN 을 검색한 후 점두치를 중심하여 앞, 뒤 방향으로 가장 가까이 위치한 점두치를 검색한 후 절대값이 더 큰 점두치의 위치와 PkN 사이의 영교차(zero crossing) 점을 R 점(Rp)으로 정한다. Q 점(Qp)은 미분신호에서 Rp 보다 앞선 위치에 있는 영교차 점을 검색하여 정한다.

### 2.4 QRS onset 의 정의

QRS onset (QRS1) 은 Q 파의 시작점으로 정의한다 (단 Q 파가 존재하지 않을 경우에는 R 파의 시작점으로 정의한다). QRS1 은 Qp (Rp) 점으로부터 역방향으로 본원 신호값을 탐색하여 최대 기울기를 갖는 점(Qi)를 구한 후 이 점으로부터 역방향으로 본원치 (QRS1 을 검색하기 위한 본원치) 값과의 교차점으로 정한다.

### 2.5 T파의 peak 및 T 파의 끝점 검색

T 파를 검색하기 위해 R 점으로부터 앞방향으로 윈도우를 설정한 후 T 파의 형태를 근거로 하여 T 파를 검색한다. T 파의 형태는 a) 상향-하향 b) 하향-상향 c) 상향 d) 하향 등 4 가지로 분류할 수 있으며 윈도우내에서의 최대값과 최소값 간의 상호 관계를 이용하여 T 파의 점두치의 위치를 구한다. 또한 T 파의 점두치로부터 앞방향으로 탐색을 하며 데이터 값이 T 끝점을 정의하는 본원치에 도달할 때 그 점을 T 끝점으로 정한다.

### 2.6 QT 값 측정

QT 값은 QRS1과 T파의 끝점과의 시간이며, 또한 변수는 QTP로서 QRS1과 T파의 점두치와의 시간이다.

## III. 결과 및 고찰

결과를 분석하기 위해 18 개 테이프의 처음 n 개의 beat 를 두 명의 expert(Marti, V. et al 1988)에 의해 수작업으로 분석하였고 이들(d)와 표준편차(SD)를 보였다. 또한 SD\*와

Table 1

Validation results on 18 Holter tapes, where n is number of beats measured on each tape, d is the mean difference between automatic and manual QT interval measurements, and SD is the standard deviation, d and SD are values after rejection of maximum and minimum QT value in each 5 beat set. Unit for d, SD, d, SD are ms.

Holter tape	n	d*	d	SD*	SD
1	34	4.3	2.4	33.9	16.9
2	42	3.5	3.0	15.1	12
3	26	-5.9	-8.5	21.0	19.5
4	19	-2.3	-2.8	7.7	7.3
5	38	4.5	3.2	10.3	8.6
6	49	-21.0	-20.0	10.4	9.0
7	39	-7.2	-10.0	20.4	15.0
8	41	1.0	2.4	13.1	13.3
9	29	16.5	16.8	18.7	19.3
10	39	-8.8	-8.5	13.1	12.4
11	42	9.5	9.1	14.0	11.6
12	45	-17.0	-16.0	16.7	14.6
13	36	8.8	9.4	17.8	15.2
14	34	7.7	10.9	17.0	14.8
15	37	8.2	5.1	44.7	22.1
16	35	11.7	11.7	16.0	16.0
17	40	19.6	17.9	13.2	12.9
18	36	9.5	9.3	15.9	17.5
Mean	37	2.4	2.0	17.7	14.3

d\*는 다섯 비트중 최대, 최소값을 제거한 결과로서 이때 SD는 17.7에서 14.3으로 d는 2.4에서 2로 개선됨을 알 수 있다. 또한 본 알고리즘을 다른 QT 알고리즘 및 수작업에 의한 분석과 비교할 때 높은 정확도를 얻을 수 있었으며 baseline interference에 대해 높은 안정성을 얻을 수 있었다.

## IV. 참고 문헌

1. Ahnve, S., Lundman T. and Shoaleh-Far, M., "The relationship between QT interval and ventricular fibrillation in acute myocardial infarction", Acta Med. Scand 204, 17-19, 1978.
2. Ahnve, S., "Errors in visual determination of Corrected QT(QTc) interval during acute myocardial infarction". J. Am. Coll. Cardiol. 8, 699-702, 1985.
3. Algra, A., Le Brun, H. and Zeelenberg, C., "An algorithm for computer measurement of QT intervals in the 24 hour ECG". In Computer in Cardiology, IEEE Computer Society Press. 117-119, 1987.
4. Critelli, G., Marciano, F., Mazzarella, M., and Migaux, M. L., "QT interval measurement of long term ECG recordings. Application to an automatic Holter analysis system". In Computers in Cardiology, IEEE Computer Society Press. 480-481, 1982.
5. Lynn, P. A., "Online digital filters for biological signals: some fast designs for a small computer." Med. & Biol. Eng. & Comput. 15, 534-540, 1977.
6. Marti, V., Bayes de Luna, A., Arriola, J., Songa, V., Guindo, J., Domínguez de las Rozas, J., Sanz, F., Thakor, N., Min, Y., Caminal, P., Laguna, P., "Value of dynamic QTc in arrhythmology". in Proceedings 8th. Inter. Congr. "The New Frontiers of Arrhythmias", Marilleva, Italy, 683-691, 1988.
7. Nygard, M. E. and Sornmo, L., "Delineation of the QRS complex using the envelope of the e.c.g." Med. & Biol. Eng. & Comput. 21, 538-547, 1983.
8. Pan, J. and Tompkins, W. J., "A real time QRS detection algorithm." IEEE Trans. Biomed. Eng., vol. BMR-32, 3, 230-236, 1985.
9. Pisani, E., Pellegrini, E., Ansuini, G., Di Noto, G., Rimatori, C., and Russo, P., "Performance evaluation of algorithms for QT interval measurement in ambulatory ECG recording." In Computers in Cardiology, IEEE Computer Society Press. 459-462, 1985.
10. Puddu, P. E., Jouve, R., Torresani, J., and Jouve, A., "QT interval and primary ventricular fibrillation in acute myocardial infarction." Am. Heart J. 101, 118-119, 1981.
11. Puddu, P. E. and Bourassa, M. G., "Prediction of Sudden death from QTc Interval Prolongation in patients with Chronic Ischemic Disease", J. Electrocardiology 19(3), 203-212, 1986.
12. Sadeh, D., Shannon, D. C., Abboud, S., Akselrod, S. and Cohen, R. J., "A new technique to determine the correlation between the QT interval and heart rate for control and aids babies." In Computers in Cardiology. IEEE Computer Society Press. 125-127, 1987.
13. Schwartz, P. J. and Wolf, S., "QT interval prolongation as predictor of sudden death in patients with myocardial infarction." Circulation 57, 1074-1077, 1978.