

# 心表面心電図での QT interval について

(実験的研究)

岡山大学医学部第一内科教室 (主任: 長島秀夫教授)

安原耕一郎 · 齊藤大治 · 武田 光  
兵頭多津男 · 原岡昭一 · 長島秀夫

(昭和57年5月24日受稿)

**Key words:** QT interval, RR interval,  
epicardial electrogram,  
anesthetized open-chest dog.

## はじめに

心臓の機械的収縮に先行して生ずる電気的変化は、不整脈などの電気現象の異常を知る上でも重要である。動物実験では、血行動態とともに直接心表面でその電気的変化を観察でき、局所的な心病変の指標とすることができる、しかし、開胸下に心表面から直接誘導される心表面心電図では、心表面の温度変化による影響などのため、こうした外的因子の影響の少ない ST segment の変動が利用されているのみで、心表面心電図における QT interval について、正常値の報告もなく現在のところほとんど利用されていない。

一方、臨床的には QT 延長症候群や虚血性心疾患など多くの病態で QT interval が問題とされている。また、動物実験においても薬剤負荷試験や交感神経刺激などの実験では、ST segment よりも QT interval の変化が中心となることが少なくなく、従って QT interval の変動は局所病変の重要な指標となり得る可能性がある。

ところで、QT interval は昔から体表面で記録した心電図で検討がなされており、心拍数・電解質・交感神経刺激などにより変動するとされている。そこで心拍数の影響を除くため、臨床では Bazett<sup>1)</sup> や Hegglin and Holzman<sup>2)</sup> らの補正式があり、また動物実験では閉胸犬で

Petersen<sup>3)</sup> や Ganz<sup>4)</sup> などが同様の検討を行っている。しかし、麻酔開胸犬で血行動態とあわせてその電気的変化を観察できる心表面心電図では、心表面温度の変化<sup>5,6)</sup> などにより影響を受けるため、QT interval の検討は全くなされていない。しかし、数10分以内の短時間の実験ではその間に心表面温度は殆んど変化せず、電気的変化の観察に十分耐え得ることも考えられる。そこで、著者らは心表面心電図の QT interval について、正常値および心拍数との関連を求め、心拍数により心拍数を変動させ検討した。

## 方 法

雑種成犬 (10~12kg) 5頭を用い、Pentobarbital (25~30mg/kg i.v.) で麻酔後、room air と酸素で人工呼吸させ、酸素流量、呼吸数および1回換気量を調節することにより動脈血の Po<sub>2</sub>, Pco<sub>2</sub>, pH を正常範囲内に維持した。左第5肋間で開胸後、心膜を切開し胸壁に縫合して心臓を適当な位置に保持した。左室自由壁の心外膜に2~3本の心表面心電図誘導電極を絹糸で縫合し、単極誘導として心表面心電図の記録に供した。また室温は15~20℃で心外膜の乾燥および温度の変化は可及的に排除した。

次に、洞結節部を10%ホルマリン (0.5~1.0 ml) で破壊し、左心耳に2本の双極電極を付け、ペースメーカー (デバイス社製 E-4162) に接続

した。心房ペーシングは、2 mm/sec の矩形波、2.8Vの電圧で行い、そのペーシング域は69~247 beat/min とした。また大腿動脈よりカテーテルを挿入し、MP0.5型電気血圧計（日本光電社製）で末梢血圧を測定した。心外膜に縫合した誘導々は ED-61型心電計（フクダ社製）を経て、804型ミンゴグラフ（シーメンス・エレマ社製）により、紙送り速度100mm/sec・感度1 mV/mmで記録した。なお心表面心電図で、T波が二相性のもの、T-U complex の存在するもの、ST segment の上昇が2 mV 以上のものおよび末梢平均血圧が70mmHg以下のものは測定より除外した。実験系の電氣的収縮時間が安定していることを確かめるため、実験の最初と最後に同一心拍数で心房ペーシングし、両者の

QT interval を比較した。

## 結 果

洞結節部破壊前の心拍数は平均134 beat/min. で、洞結節への10%ホルマリンを注入により心拍数は平均74 beat/min と洞性徐脈を呈した。これに対し心拍数69~247 beat/min で計752回の心房ペーシングを行った。心拍数の変動に伴い QT interval は 0.190~0.360 sec の間で変動し、また実験の最初と最後に行った同一 RR interval での心房ペーシングは、いずれも QT interval には前後で有意の変動を認めなかった。RR interval と QT interval の関係を Fig.1 に示す。RR interval と QT interval とは  $r=0.744$ ,  $p<0.01$  と有意の正相関を示し、両

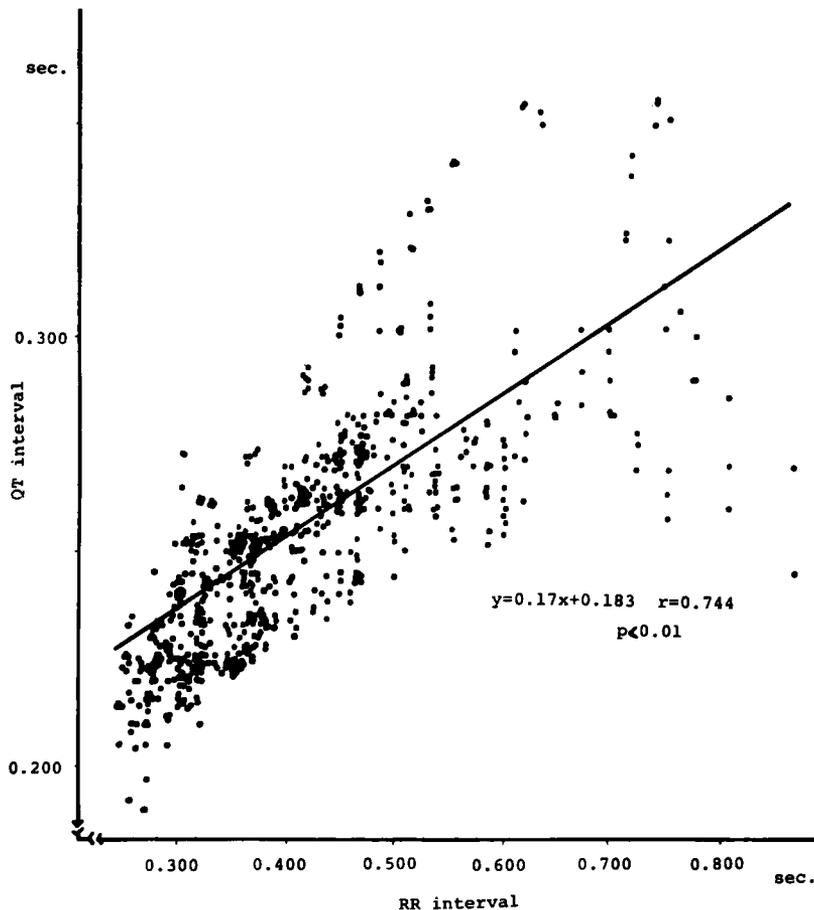


Fig. 1 Regression function between QT interval and RR interval in the dog. y: QT interval, x: RR interval.

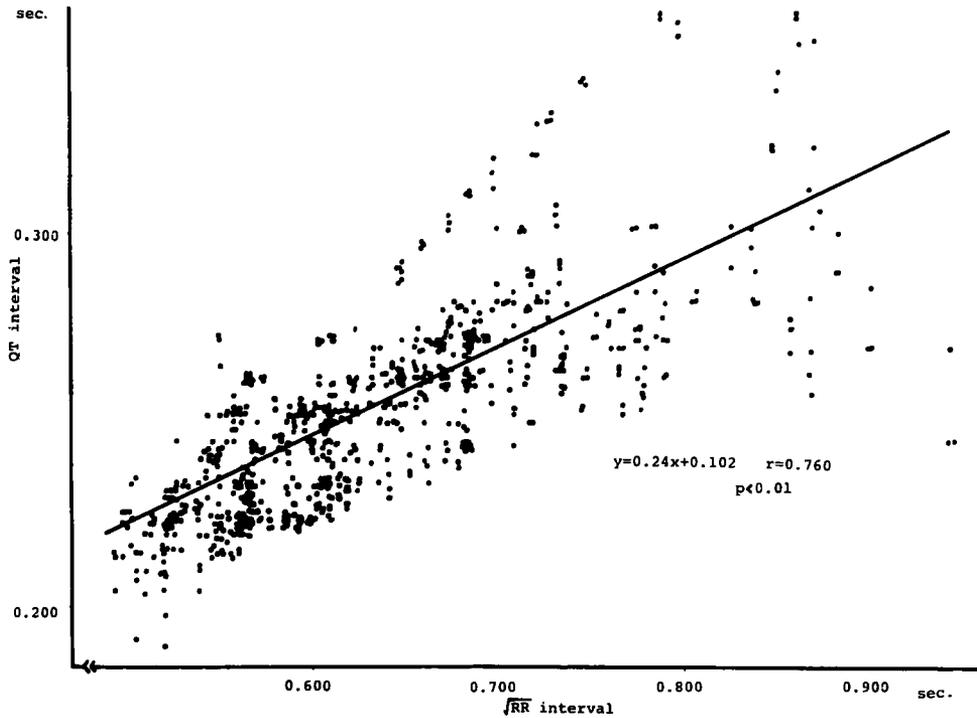


Fig. 2 Regression function between QT interval and  $\sqrt{RR}$  interval in the dog. y: QT interval, x: RR interval.

Table 1. Correlation between RR interval or  $\sqrt{RR}$  interval and QT interval in the dog.

regression	n	RR interval(sec) mean $\pm$ SD (range)	QT interval(sec) mean $\pm$ SD (range)
A $y=0.17x+0.183$ ( $r=0.744$ )	752	0.412 $\pm$ 0.119 (0.243-0.870)	0.253 $\pm$ 0.028 (0.190-0.360)
B $y=0.24\sqrt{x}+0.102$ ( $r=0.760$ )			

A=correlation between RR interval and QT interval, B=correlation between  $\sqrt{RR}$  interval and QT interval, y=QT interval(sec), x=RR interval(sec), SD:standard deviation.

者の関係は  $QT=0.17 RR+0.183$  (QT, RRとも単位は sec) で示された。さらに Bazettらに従い,  $\sqrt{RR}$  interval と QT interval との関係を検討したのが Fig.2である。  $\sqrt{RR}$  interval は0.490~0.940の間にあり, QT interval とは  $QT=0.24\sqrt{RR}+0.102$  と明らかな正相関を示し, 両者の関係は  $r=0.760$ ,  $p<0.01$  で, 95%信頼区域は  $\pm 0.037$  であった。 Table 1 に QT interval と RR interval および  $\sqrt{RR}$  interval との1次回帰式, 相関係数などを示した。この表より, QT interval は RR interval や  $\sqrt{RR}$  interval のいずれの群にも良い相関を得たが, QT interval と RR interval との相関より, QT

interval と  $\sqrt{RR}$  interval との相関の方がやや良い結果を得た。

#### 考 案

心電図での QT interval は, 心室の脱分極開始から再分極終了までの時間を表わし, 年齢・性・心拍数さらに神経刺激・電解質異常・心筋虚血・各種薬剤負荷などで変動することが知られている。しかし生理的条件下では心拍数による影響が最も大きく, その相互比較には, 心拍数で補正する必要がある。人における RR interval と QT interval との関係式を Bazett<sup>1)</sup> は  $QT=K/\sqrt{RR}$  (K=定数) で表わし, Hegg-

lin and Holzman<sup>2)</sup>は  $QT=0.39\sqrt{RR}+0.04$  と報告している。一方、動物では、Petersen<sup>3)</sup> や Ganz<sup>4)</sup> が麻酔開胸犬を用いて検討し、心拍数と QT interval との間に良い相関を得たとしている。また、Eckenfels<sup>7)</sup> は覚醒犬で心拍数と QT interval との相関および QT interval の正常範囲を導いている。しかし、麻酔開胸下に得られた心表面心電図での QT interval については、そのような報告はなく、はたして覚醒犬での式が利用可能か否かも不明である。そこで、心表面心電図での QT interval と RR interval との関係を見るため、心房ペースングで心拍数を変動させ、QT interval を測定した。

Table 1 で示す如く、QT interval と RR interval の関係は、 $QT=0.17 RR+0.183$  ( $r=0.744$ )、QT interval と  $\sqrt{RR}$  interval との間では、 $QT=0.24\sqrt{RR}+0.102$  ( $r=0.760$ )といわずれも良い相関が得られたが、後者の方がわずかながら優れていた。しかし Fig 2 で示す如く RR interval が 0.6sec 以上 ( $\sqrt{RR}$  interval で 0.755 以上)、即ち心拍数が 100 beat/min 以下では、QT interval のバラツキが大きいため、それらを除外して QT interval と  $\sqrt{RR}$  interval との相関をみると、 $QT=0.29\sqrt{RR}+0.068$  ( $r=0.780$ )とさらに良い相関を得た。これは心拍数 100 beat/min 以下のペースング回数が少なく、データ不足によることもあるが、極端な徐脈時に QT interval の短縮があり、 $\sqrt{RR}$  interval と QT interval との相関を 1 次回帰式で補正し切れない面があると考えられる。

ところで、Eckenfels らの覚醒犬での成績をみると、心拍数の平均は 112 beat/min、QT interval の平均は 0.188 sec であり、著者らの方が RR interval の平均はやや短かいにもかかわらず、QT interval は長く、従って心拍数で補正した QT interval の差は実測値よりさらに大きくなると思われる。これは覚醒犬の心電図と、麻酔開胸犬の心表面心電図という実験条件の違い、即ち、心表面の温度、湿度や麻酔による中枢神経への影響などが関与していると考えられる。

心表面心電図の QT interval に影響を及ぼす因子には、心表面の温度・心筋虚血・血液 pH・

電解質などが挙げられる。高橋<sup>5)</sup>らは犬の心筋再分極時間が心筋温度に強く影響されることを報告し、さらに Hoffman<sup>6)</sup>らは猫の乳頭筋で、温度低下により活動電位時間は延長し、しかも初期温度により変化率に差があるとしている。著者らの実験時間は短かく、実験中の温度の変動による影響は無視し得ると考えられる。また加藤<sup>8)</sup>らは犬で心筋虚血時に心筋興奮消褪過程の遅延に伴って興奮時間の延長が起り、QT interval の延長がおこることを認めている。このように心筋虚血により QT interval の延長が起るが、今回の著者らの実験では、冠動脈には異常なく冠灌流圧も 70mmHg 以上に維持されているため、心筋虚血に対する考慮は必要ないと考えられる。動脈血 pH は正常範囲内に維持した。血清電解質は測定していないが、実験時間は数 10 分以内であり、この間に血清電解質が大きく変化したとは考えられない。

以上より、今回の心表面心電図より得た QT interval は、麻酔開胸した状態でも、限定した条件下では  $QT=0.24\sqrt{RR}+0.102$  の関係を有し、誘導部の電氣的収縮時間として使用し得ると考えられる。

## ま と め

雑種成犬 5 頭を用い、心表面心電図での QT interval について、心房ペースングで心拍数との相関を検討した。

1) 心房ペースングの刺激頻度は 69~247 beat/min で、その時の QT interval は 0.190~0.460 sec であった。QT interval は RR interval により大きな影響を受け、QT interval と  $\sqrt{RR}$  interval の間には、 $QT=0.24\sqrt{RR}+0.102$  なる式が成立した。従って上記式より得た QT interval は限定条件下では誘導部の電氣的収縮時間の指標として使用し得ると考えられた。

2) Pentobarbital 麻酔開胸犬で無処置群の心拍数は平均 134 beat/min であり、この値より大きくはずれた徐脈、即ち RR interval 0.60 sec 以上の場合、上記式では十分補正し切れず、さらに別の補正法が必要と考えられた。

## 文 献

1. Bazett, H.C.: An analysis of the time-relations of electrocardiograms. *Heart* 7, 353—310, 1920.
2. Hegglin, R. and Horzman, M.: Die klinische Bedeutung der verlargerten QT-Distanz (systolendauer) in Elektro Kardiogramm, *Ztschr. Klin. Med.* 132, 1—32, 1937.
3. Petersen, F.S., Ricketts, H.T., Brewer, N.R. Lints, H.A., Test, C.E., and Tupikova, N.A.: Electrocardiogram of the Beagle Dogs. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 77, 330—332, 1951.
4. Ganz, H. and Knappen, F.: Beitray zur Frequenza-bangigkeit der Parameter PQ, QRS und QT in Elektrokardiogramm des Beagles. *Arzneim-Forsch.* 26, 2061—2065, 1976.
5. 高橋宣光, Herman, C.H.: 正常心における心筋温度と心電図 T 波について. 最新医学, 26, 1801—1808, 1971.
6. Hoffman, B.F. and Cranefield, P.F.: *Electrophysiology of the heart.* McGraw-Hill, New York, Toront, London, 1960.
7. Eckenfels, A. and Trieb, G.: The normal electrocardiogram of the conscious Beagle dogs. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 47, 567—584, 1979.
8. 加藤和三, 傳隆泰: 虚血性 ST. T 変化の成因. 最新医学, 29, 91—104, 1974.

**Correlation between QT interval and RR interval on the  
epicardial electrogram in open-chest dog.**

**Koichiro YASUHARA, Daiji SAITO, Kou TAKEDA, Tazuo HYODO,  
Shoichi HARAOKA and Hideo NAGASHIMA.**

**The 1st Department of Internal Medicine, Okayama**

**University Medical School, Okayama.**

**(Director: Prof. H. Nagashima)**

Correlation between QT interval and RR interval on epicardial electrogram in anesthetized open-chest dog was studied. The aortic blood pressure was kept above 70mmHg during the course of the experiment. RR interval was changed by left atrial pacing in the range of 0.243–0.870sec ( $0.412 \pm 0.119$ , mean $\pm$ SD). In association with the change in RR interval, QT interval varied in the range of 0.190–0.360sec ( $0.253 \pm 0.028$ ).

The relation of QT interval to RR interval was statistically significant ( $r=0.744$ ,  $p < 0.01$ ), though QT interval varied widely when the heart rate was under 100 beat/min. QT interval correlated more closely to  $\sqrt{RR}$  interval than RR interval. The correlation equation was as follow: QT interval(sec) =  $0.24 \sqrt{RR}$  interval (sec) + 0.102,  $r=0.760$ ,  $p < 0.01$ . The data suggest that QT interval obtained by epicardial electrogram would be of use as an index of local electrical systole.