Frank誘導心電図における高周波成分の臨床的評価

杏林大学医学部第二内科（指導 石川恭三教授）

四倉 正之

CLINICAL EVALUATION OF HIGH FREQUENCY COMPONENTS ON THE QRS COMPLEXES IN ORTHOGONAL ELECTROCARDIOGRAM BY FRANK SYSTEM

Masayuki YOTSUKURA, MD

The Second Department of Internal Medicine, Kyorin University, School of Medicine, Tokyo

概要 Frank誘導心電図のQRS波上に認められる高周波成分（high frequency components: HFC）の臨床的意義の評価を目的として、QRS波を五つのsegmentに区分し、HFCの出現数と出現部位について検討を加えた。正常群265例、心筋梗塞群151例、左室肥大群60例、右室肥大群44例、右脚ブロック群47例、左脚ブロック群14例、WPW群18例、およびpoor R wave progression群65例を対象とした。疾患によりHFCの出現部位はそれぞれ異なっており、心筋梗塞群ではQRS波の初期部分に、心肥大群では中央部に、脚ブロック群では伝導遅延の見られる部位にHFCが増加していた。心筋梗塞群では梗塞部位の違いによりHFCの出現部位が異なり、前壁中隔梗塞ではX, Y, Zの3誘導のR upstrokeとR peakに、下壁梗塞ではQy, Qzに、後壁梗塞ではRy upstroke, Ry peak, QzにHFCが増加していた。心筋梗塞群の27例における発症後1, 3, 12カ月の経時的変化ではHFCの数に大きな変化は認められなかった。poor R wave progression群のうち、正常例と前壁中隔梗塞例とはHFCの数と出現部位により、sensitivity 85.0%, specificity 76.7%, predictive accuracy 70.8%の高い精度で鑑別することができた。HFCは一般にあまり顧みられていないが、出現数と出現部位を詳細に検討することにより、臨床的に有用な情報が得られると考えられた。

緒 言

心電図のQRS波上には、通常の熱ペン式心電計では記録することのできない高周波成分（high frequency components: HFC）が存在することは50年以上前から指摘されている¹⁾²⁾ このHFCは、オシログラフなどの周波数特性の高い機械を用いることによりnotchやslurとして記録される。

しかし、HFCの臨床的応用についての報告は少なく、またHFCの記録が可能な機器の普及が不十分であつたこともあり、臨床的にはほとんど顧みられてこなかつた。近年、高性能の記録機器の普

及が進み、HFCの記録が容易となり、HFCの詳細な臨床的評価が可能となつてきた。

そこで本研究では、修正直交軸誘導心電図（corrected orthogonal lead electrocardiogram）におけるHFCの臨床的意義の評価を、正常人および種々の心疾患患者について、主として次の3点に焦点を合わせて検討した。

（1）HFCのQRS波上の出現部位と各種心疾患の相関性について。

（2）心筋梗塞例におけるHFCの経時的変化と、心機能との関連性について。

（3）Poor R wave progression (PRWP) を呈する症例におけるHFCの鑑別能について。

〔昭和59年12月10日受稿〕

対象および方法

対象は(A)正常例および各種心疾患例と、(B)PRWP例の二つに大別した。

(A) 正常例および各種心疾患例は、正常群、心筋梗塞群、左室肥大群、右室肥大群、右脚ブロック群、左脚ブロック群、WPW群の7群とし、各群を下記のように定めた。

(1) 正常群(265例；男150例，女115例；年令：平均31.7才，2才～68才)： 高血圧，虚血性心疾患，弁膜症，不整脈などの循環器疾患，および糖尿病，貧血，甲状腺機能異常などの心血管系に影響を及ぼすと考えられる疾患を有せず，さらに理学的所見および胸部X線写真で異常を認めないものを正常群とした。

(2) 心筋梗塞群(151例；男120例，女31例；年令：平均63.2才，34才～89才)： 臨床経過，血清酵素値，心電図などより，心筋梗塞の既往が明らかなものを心筋梗塞群とした。分析に用いた修正直交軸誘導心電図は発症後1カ月から6カ月の間に記録されたものである。梗塞部位は，異常Q波ならびにST-T変化の存在部位により次の8群に細分した³⁾。

(a) 前壁中隔梗塞群(52例；男40例，女12例；年令：平均64.3才，34才～89才)

(b) 下壁梗塞群(43例；男34例，女9例；年令：平均64.1才，40才～82才)

(c) 後壁梗塞群(8例；男7例，女1例；年令：平均61.2才，38才～78才)

(d) 側壁梗塞群(4例；男4例，女0例；年令：平均56.3才，49才～64才)

(e) 前壁中隔+下壁梗塞群(16例；男12例，女4例；年令：平均70.2才，37才～85才)

(f) 前壁中隔+側壁梗塞群(16例；男16例，女0例；年令：平均60.4才，40才～81才)

(g) 下壁+後壁梗塞群(7例；男5例，女2例；年令：平均60.9才，53才～80才)

(h) 心内膜下梗塞群(5例；男2例，女3例；年令：平均66.2才，57才～72才)

(3) 左室肥大群(60例；男36例，女24例；年令：平均55.9才，19才～82才)：心エコー図において左

室後壁の壁厚が15mmを超えるものを左室肥大群とした。疾患のうちわけは，弁膜症30例(大動脈弁閉鎖不全症17例，僧帽弁閉鎖不全症4例，僧帽弁閉鎖不全兼狭窄症3例，大動脈弁狭窄症2例，連合弁膜症4例)，心筋症16例，高血圧症14例である。

(4) 右室肥大群(44例，男19例，女25例；年令：平均43.2才，19才～73才)： 右室に明らかな圧負荷ないしは容量負荷が存在することが，心臓カテーテル検査で確認された症例を右室肥大群とした。疾患のうちわけは，弁膜症28例(僧帽弁狭窄症16例，僧帽弁閉鎖不全兼狭窄症9例，連合弁膜症3例)，先天性心疾患9例(ASD 4例，VSD 3例，Fallot四徴症2例)，肺疾患4例，心筋症3例である。

(5) 右脚ブロック群(47例，男24例，女23例；年令：平均55.7才，15才～84才)： 幅広いS波をXおよびZ誘導に認め，QRS loop上にterminal delayを有するものを右脚ブロック群とした⁴⁾。QRS時間が0.12秒以上のものを完全右脚ブロック群(31例)，0.12秒未満のものを不完全右脚ブロック群(16例)とした。ただし先天性心疾患を有するものは除外した。

(6) 左脚ブロック群(14例，男10例，女4例；年令：平均69.3才，9才～79才)： QRS時間が0.12秒以上で，Z誘導においてQ/R比が0.10以下であり，QRS loopの中間部にdelayを有するものを左脚ブロック群とした⁴⁾。

(7) WPW群(18例，男10例，女8例；年令：平均43.6才，8才～71才)： PQ時が短縮しデルタ波を有するものをWPW群とした。

ただし，心筋梗塞以外の群からは心筋梗塞の既往のある症例は除外し，また脚ブロックおよびWPW群以外の群からは伝導障害を有する症例は除外した。

(B) 標準12誘導心電図でV1からV3においてrS型を呈し，かつR波高が0.3mV以下のものをPRWP群とし，下記の3群に分類した。

(1) PRWP正常群(30例，男7例，女23例；年令：平均48.4才，20才～74才)：PRWPを呈するが臨床診断で心筋梗塞およびその他の心疾患を

有していない正常例をPRWP正常群とした。

(2) PRWP前壁中隔梗塞群 (20例, 男19例, 女1例; 年齢: 平均62.2才, 51才~79才): PRWPを呈し, かつ明らかな前壁中隔梗塞の既往のあるものをPRWP前壁中隔梗塞群とした。

(3) PRWP左室肥大群 (15例, 男8例, 女7例; 年齢: 平均65.3才, 44才~81才): PRWPを呈するが心筋梗塞の既往がなく, かつ前述の左室肥大の基準を満たすものをPRWP左室肥大群とした。

心電図はFrank誘導法⁵⁾により記録したX, Y, Zの3誘導のスカラー心電図を用いた。記録機器は、フクダ電子製VA3Dベクトル心電計にSiemens製Mingograf 800を接続したものをを用いた。VA3Dベクトル心電計の周波数特性は0.05Hzから500Hzであり、Mingograf 800の周波数特性は0から1250Hzである。心電図は1mVを30mmとし、紙送り速度は毎秒250mmで記録した。

QRS波上に記録された周波数125Hz以上のnotchをHFCとし、肉眼で計測した。notchは、Flowersら⁶⁾の提唱した定義に従がい、QRS波の基本波形から離脱し、さらにその方向が基本波形とは反対の方向に向かっているものとした。なお、slur, すなわちQRS波の基本波形から離脱するが、その方向が基本波形と同方向のものは、本研究の分析対象とはしなかった。図1にHFCの実例を示した。また、筋電図および外部からのノイズとHFCを区別するために、4心拍以上にわたってQRS波上の同一部位に記録されたnotchのみをHFCと同定した。

QRS波は図1に示したように、Q, R upstroke, R peak, R downstroke, Sの五つのsegmentに分割した。R波上行脚の下2/3をR upstrokeとし、R波下行脚の下2/3をR downstrokeとし、R波の頂上部1/3をR peakとした。

各群についてX, Y, Zの3誘導のHFCの総数、誘導別のHFC数、segment別のHFC数を計測し、正常群との対比を行なった。正常群については、さらに年齢別および性別の検討を加えた。また心筋梗塞群のうち27例は、発症後1カ月、3カ月および12カ月の3回にわたり、心電図の記録とRI

図1. Segment分割法とHFCの実例。

QRS波をQ, R upstroke, R peak, R downstroke, Sの五つのsegmentに分割した。矢印でHFCを示した。Qに4個, R peakに1個のHFCがみられる。

angiographyを施行し、HFCの数の経時的変化、およびHFCの数とRI angiographyによるleft ventricular ejection fraction (LVEF) との関連性について検討した。PRWP群では、QRS波上のsegment別の分析を行ない、HFCによる正常例、前壁中隔梗塞例および左室肥大例の鑑別を試みた。

結 果

(I) 各群におけるHFCの出現数と出現部位

表1および図2, 3に各群のQRS波上のsegment別のHFCの数を示した。

(1) 正常群

HFCの3誘導の総数は 7.0 ± 3.5 (平均 $\pm$ 標準偏差)であり、誘導別では、Z誘導, Y誘導, X誘導の順に多く出現していた (Z誘導とY誘導では $p < 0.01$, Y誘導とX誘導では $p < 0.001$ の有意差を示した)。segment別では、Rx peak (X誘導におけるR peak, 以下同様の略記法を用いる), Sx, Ry peak, Qz, Rz peakに多く出現していた。表2に示したように、HFCの出現頻度には明らかな性差は認められなかった。年齢別では20才台の男性において他の年代より有意 ($p < 0.05$) に増加していたが、他の年代間には有意差は認められなかった。

(2) 心筋梗塞群

心筋梗塞の各群の3誘導のHFCの総数は正常

表1a. 正常群, 心筋梗塞群, 左脚ブロック群, およびWPPW群のsegment別のHFCの出現頻度

	normal	myocardial infarction					LBBB			WPW	
		antero-septal	inferior	posterior	lateral	subendo-cardial	antero-septal	inferior	posterior		
number of subjects	265	52	43	8	4	5	16	16	7	14	18
X											
Q	0.2±0.5	0.2±0.4	0.2±0.5	0.3±0.4	0.7±0.4	0.6±0.8	0.4±0.9	1.2±1.2	0.4±0.7	0.3±0.9	0.0±0.0
R upstroke	0.2±0.5	0.4±0.8*	0.3±0.5	0.1±0.3	0.0±0.0	0.8±1.6	0.3±0.6	0.8±1.3	0.1±0.3	1.8±1.8	0.3±0.5
R peak	0.7±0.9	1.0±0.9*	0.8±0.8	0.5±0.6	1.4±0.8	0.8±1.6	1.0±0.7	1.2±1.0*	0.9±1.2	3.0±1.7	0.6±0.8
R downstroke	0.2±0.4	0.3±0.8	0.4±0.7	0.3±1.1	1.0±0.8*	0.0±0.0	0.3±0.7	0.6±1.0	0.3±0.4	0.3±0.6	0.1±0.3
S	0.6±0.8	0.8±0.8	0.9±0.9*	1.1±0.8	0.8±0.8	1.2±1.0	0.9±0.9	0.9±1.3	1.0±1.0	0.9±1.0	0.2±0.5
total	1.8±1.6	2.7±1.6	2.5±1.7	2.3±1.5	3.7±1.1	3.4±0.9	2.9±1.5	4.6±1.8	2.6±1.2	6.2±2.3	1.2±1.0
Y											
Q	0.1±0.5	0.2±0.5	1.3±1.2	0.3±0.6	0.0±0.0	0.4±0.4	2.1±1.4	0.9±1.2	2.1±1.3	0.5±1.5	0.4±1.1
R upstroke	0.4±0.7	1.0±1.0	0.4±0.7	1.7±1.5	1.3±1.3	1.5±1.4	0.6±0.7	1.1±1.1	0.5±0.4	1.2±1.3	0.7±0.7
R peak	0.8±0.9	1.7±1.2	1.2±1.0	2.1±1.0	2.3±1.6*	2.2±1.1	1.5±0.9	1.5±1.5	0.8±0.6	1.1±0.7	0.8±0.8
R downstroke	0.6±0.9	1.0±1.1	0.9±1.2	0.8±0.8	0.5±0.5	1.3±1.0	0.8±1.5	1.4±1.4	0.8±0.8	0.6±0.9	0.5±0.7
S	0.5±0.8	0.9±1.1*	0.4±0.9	0.8±1.1	1.5±1.4	0.8±1.1	0.6±0.9	0.4±0.6	0.5±0.7	1.8±1.6	0.4±0.9
total	2.4±1.7	4.7±2.2	4.2±2.1	5.7±1.9	5.5±1.9*	6.2±2.3	5.7±1.7	5.2±1.6	4.5±1.9	5.2±2.2	2.8±2.5
Z											
Q	1.0±1.0	0.6±1.0	1.8±1.0	1.8±1.3	2.5±1.5*	1.6±0.8	0.4±0.6	0.3±0.5	3.1±1.5	0.2±0.6	1.0±1.6
R upstroke	0.4±0.7	1.3±1.4	0.5±0.7	0.6±0.9	0.3±0.4	0.0±0.0	1.6±1.4	1.4±0.9	0.5±0.7	0.2±0.4	0.5±0.2
R peak	1.2±1.2	1.8±1.2	1.6±1.0	1.5±1.1	1.3±1.0	3.4±0.4	1.9±0.9*	2.0±1.7*	1.9±1.7	1.4±1.6	1.1±0.8
R downstroke	0.2±0.5	0.5±0.8	0.6±0.8	0.3±0.6	0.0±0.0	0.0±0.0	0.6±0.8	0.9±1.4	1.4±2.3	0.2±0.4	0.2±0.4
S	0.0±0.4	0.0±0.2	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.1	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
total	2.8±1.9	4.2±1.9	4.5±1.7	4.2±1.6	4.0±1.6	5.0±6.3	4.4±1.0	4.6±2.1	6.9±1.8	2.0±0.4	2.8±1.6
total	7.0±3.5	11.6±3.5	12.1±3.3	12.1±3.3	13.2±6.2*	14.6±2.3	13.0±3.7	14.4±2.8	14.0±1.8	3.4±4.2	6.8±2.4
mean±S.D. *P<0.05; **P<0.02; ***P<0.01; ****P<0.001 (compared with normal subjects).											

*P<0.05; **P<0.02; ***P<0.01; ****P<0.001 (compared with normal subjects).

mean±S.D.

表1b. 左室肥大群, 右室肥大群, および右胸ブロック群のsegment別のHFCの出現頻度

	left ventricular hypertrophy					right ventricular hypertrophy					RBBB		
	valvular disease		cardio- myopathy		total	valvular disease		congenital heart disease		total	incomplete		complete total
	30	16	14	60	28	9	4	3	44	31	16	47	
number of subjects													
X													
Q	0.1±0.2	0.2±0.3	0.0±0.0	0.1±0.3	0.0±0.1	0.1±0.3	0.5±0.8	0.0±0.0	0.0±0.0	0.1±0.2	0.2±1.0	0.2±0.4	
R upstroke	0.3±0.6	0.5±1.5	0.6±0.6	0.3±0.9	0.6±0.7	0.7±1.2*	0.3±0.4	0.3±0.5	0.6±0.8	0.2±0.5	0.5±0.9	0.3±0.7	
R peak	1.1±0.9*	1.3±1.8*	0.6±0.6	1.0±1.2*	0.7±0.8	0.3±0.6	0.0±0.0	1.3±0.9	0.7±0.8	0.6±0.7	0.8±0.9	0.7±0.8	
R downstroke	0.3±0.6	0.3±0.6	0.2±0.6	0.3±0.6	0.4±0.8	0.3±0.6	0.3±0.4	0.3±0.4	0.3±0.4	0.3±0.6	0.1±0.4	0.2±0.4	0.1±0.5
S	0.5±0.8	0.5±0.8	0.4±0.6	0.5±0.8	1.2±1.2*	2.2±1.1	1.0±1.2	1.7±0.4	1.4±1.2	3.0±1.4	2.7±2.0	2.9±2.1	
total	2.2±1.9*	2.8±2.9*	1.8±1.4	2.2±1.8	2.9±1.7*	3.5±2.2*	2.0±1.4	3.7±2.1	2.9±1.8	3.9±1.8	4.3±2.7	4.1±2.1	
Y													
Q	0.3±0.3	0.1±0.2	0.0±0.0	0.1±0.4	0.3±0.4	0.1±0.3	0.0±0.0	0.3±0.4	0.3±0.3	0.1±0.2	0.1±0.3	0.1±0.2	
R upstroke	0.4±0.7	0.9±1.1*	1.2±1.0*	0.8±0.8	0.3±0.6	0.2±0.6	1.3±1.0	1.0±1.4	0.4±0.7	0.5±1.0	0.9±1.0	0.7±1.0	
R peak	1.1±0.9	0.9±0.6	1.5±1.0*	1.1±0.9*	1.1±1.1	0.7±0.4	0.0±0.0	1.3±1.2	1.0±1.0	1.0±1.1	1.3±1.1	1.2±1.1	
R downstroke	0.9±1.1	0.8±1.1	1.3±1.1*	1.1±1.0	0.9±1.1	0.4±0.6	0.3±0.4	1.3±0.9	0.9±1.0*	0.9±1.4	2.0±1.6	1.4±1.6	
S	0.6±0.8	0.8±1.5	0.2±0.7	0.5±0.9	0.3±0.6	1.1±1.1	1.5±1.6	0.3±0.4	0.5±0.8	2.2±3.4	0.9±1.3	1.5±3.0	
total	3.4±2.2*	3.4±1.9*	4.3±1.7	3.6±1.7	2.9±1.7	2.6±2.3	3.0±1.5	4.3±2.0	3.0±1.9*	4.7±2.4	5.1±2.4	4.8±2.4	
Z													
Q	1.2±1.0	1.1±1.1	0.9±0.7	1.1±0.9	1.6±1.2	1.9±1.7*	2.3±2.1	2.0±0.8	1.8±1.4	1.5±1.1	1.6±1.2	1.5±1.1	
R upstroke	0.4±0.6	0.3±0.6	0.1±0.9	0.3±0.7	0.6±0.8	0.3±0.4	0.3±0.4	0.0±0.0	0.5±0.7	0.5±0.7	0.4±0.7	0.5±0.7	
R peak	1.1±0.9	1.3±0.9	0.9±0.7	1.1±0.9	2.0±1.4*	1.7±1.1	1.5±0.8	1.3±0.4	1.9±1.4	1.0±0.9	1.0±0.9	1.0±0.9	
R downstroke	0.2±0.3	0.8±1.4	0.0±0.0	0.3±1.0	0.3±0.7	0.3±0.6	0.3±0.4	0.3±0.4	0.3±0.7	0.5±0.9	0.8±1.3	0.6±1.1	
S	0.0±0.0	0.0±0.0	0.1±0.3	0.1±0.4	0.1±0.5	0.0±0.0	0.5±0.8	0.0±0.0	0.1±0.5	3.8±1.7	2.4±1.8	3.3±1.9	
total	2.9±1.5	3.4±3.0	2.1±1.3	2.8±1.9	4.7±1.5	4.2±1.8	4.8±1.8	3.7±0.4	4.6±1.5	7.2±2.3	6.2±2.3	6.9±2.4	
total	8.4±3.2	9.6±3.1	8.2±3.6	8.5±4.0	10.5±3.2	10.3±2.1*	9.8±1.8	11.6±2.9	10.5±3.0	5.9±5.0	5.6±5.0	5.8±4.9	

mean±S.D. *P<0.05; **P<0.02; ***P<0.01; †P<0.001 (compared with normal subjects).

図2. 正常群と心筋梗塞の各群のsegment別のHFC数.

前壁中隔梗塞群では3誘導のR upstrokeおよびR peakで、下壁梗塞群ではQy, Qzで、後壁梗塞群ではRy upstroke, Ry peak, Qzで、側壁梗塞群ではQx, Rx peak, Rx downstroke, Ry upstroke, Ry peak, Sy, Qzで正常群と比較してHFCが増加していた。

図3. 心肥大群、脚ブロック群およびWPW群のsegment別のHFC数.

左室肥大群ではRx peak, Ry upstroke, Ry peak, Ry downstrokeで、右室肥大群ではRx upstroke, Sx, Qz, Rz peakで、左脚ブロック群ではRx upstroke, Rx peak, Ry upstroke, Syで、右脚ブロック群では3誘導のS波で正常群と比較してHFCが増加していた。WPW群ではHFCの増加は認められなかった。

表2. 正常群の性別および年齢別にみたHFCの出現頻度

age		0-9	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	0-69
male									
number of subjects		12	17	54	32	18	13	4	150
number of HFC	X	1.7±1.7	2.1±1.7	1.7±1.8	1.4±1.2	1.9±1.4	1.5±1.4	1.3±1.9	1.7±1.6
	Y	2.1±1.2	2.5±1.4	3.0±2.0	2.1±1.6	1.6±1.3	2.6±1.4	3.3±1.9	2.5±1.8
	Z	2.8±3.2	2.9±1.6	3.6±2.0	2.8±1.7	2.7±1.5	2.1±1.6	1.5±0.6	3.0±1.9
	total	6.6±3.2	7.5±3.2	8.4±6.4	6.4±3.8	6.2±2.1	6.2±1.4	6.0±3.4	7.2±3.6
femal									
number of subjects		9	20	21	16	27	15	7	115
number of HFC	X	1.6±1.2	2.6±1.9	1.8±1.2	1.1±1.2	2.0±1.4	2.1±3.1	1.3±1.1	1.9±1.8
	Y	1.7±2.2	2.2±1.6	2.6±2.4	1.9±1.9	2.0±1.2	2.6±1.8	3.3±1.7	2.3±1.8
	Z	2.2±2.0	3.3±2.2	3.2±2.6	2.5±1.3	2.2±2.1	2.3±1.2	2.9±1.5	2.6±2.0
	total	5.4±4.5	8.1±3.0	7.5±4.1	5.6±2.5	6.2±3.2	6.9±3.0	7.4±2.5	6.8±3.4
total									
number of subjects		21	37	75	48	45	28	11	265
number of HFC	X	1.6±1.5	2.4±1.8	1.8±1.7	1.3±1.2	2.0±1.4	1.8±2.4	1.3±1.4	1.8±1.6
	Y	1.9±1.7	2.4±1.5	2.9±2.1	2.1±1.7	1.8±1.2	2.6±1.6	3.3±1.7	2.4±1.7
	Z	2.6±2.2	3.1±1.9	3.5±2.2	2.7±1.6	2.4±1.9	2.1±1.4	2.4±1.4	2.8±1.9
	total	6.1±3.8	7.8±3.1	8.1±4.1	6.1±3.4	6.2±2.8	6.6±2.8	6.9±2.8	7.0±3.5

mean±S.D.

群より有意 ($p<0.05$ 以上) に多く, また心筋梗塞の各群の間では, 前壁中隔+側壁梗塞群が, 前壁中隔梗塞群および下壁梗塞群より有意 ($p<0.02$) に多く認められた。他の心筋梗塞の各群の間には有意差は認められなかった。誘導別でのHFCの数は, 各群ともすべての誘導で正常群と比較して増加しており, 特にY誘導での増加が著明であった。segment別では, HFCの増加するsegmentは梗塞部位により異なっていた。前壁中隔梗塞群では正常群と比較して3誘導のR upstrokeおよびR peakで, 下壁梗塞群ではQy, Qzで, 後壁梗塞群ではRy upstroke, Ry peak, Qzでそれぞれ著明に増加していた。また, 症例数は少ないが, 側壁梗塞群ではQx, Rx peak, Rx downstroke, Ry upstroke, Ry peak, Sy, Qzに, 心内膜下梗塞群ではRx upstroke, Sx, Ry upstroke, Ry peak, Ry downstroke, Rz peakに増加する傾向が認められた。前壁中隔+下壁梗塞群ではQy, Ry peak, Rz upstroke, Rz downstrokeで増加し, 前壁中隔梗塞群と下壁梗塞群の両方の特徴を有していた。前壁中隔+側壁梗塞群ではQx, Rx upstroke, Qy, およびY, Z誘導のR upstroke, R peak, R downstrokeで増加し, 前壁中隔梗塞群と側壁梗塞群の両方の特徴を有していた。下壁+後壁梗塞群ではQy, Qzに多く認められ, 下壁梗塞群と同じ傾向を示していた。

発症後1カ月, 3カ月および12カ月におけるHFCの数の変化は多くもと3個程度であり大きな変動は認められなかった。また, LVEFとHFC数との相関関係は認められなかった。

(3) 左室肥大群

3誘導のHFCの総数は 8.5 ± 4.0 で正常群より有意に増加していた。誘導別ではY誘導のみが正常群より有意に増加していた。segment別ではRx peak, Ry upstroke, Ry peak, Ry downstrokeに増加していた。左室肥大の原因となつた疾患によるHFCの数および出現部位に有意差は認められなかった。

(4) 右室肥大群

3誘導のHFCの総数は 10.5 ± 3.0 で正常群より有意に増加しており, 誘導別でも3誘導とも正常群より有意に増加していた。segment別ではRx upstroke, Sx, Qz, Rz peakに増加していた。右室肥大の基礎疾患によるHFCの数および出現部位に有意差は認められなかった。

(5) 右脚ブロック群

3誘導のHFCの総数は 15.8 ± 4.9 で正常群より有意に多く, 誘導別では3誘導とも正常群より有意に多く出現していた。segment別ではSx, Ry upstroke, Ry peak, Ry downstroke, Sy, Rz downstroke, Szに増加しており, 3誘導ともS波に多く出現していることが特徴的であつた。また

完全右脚ブロック群と不完全右脚ブロック群の間にはHFCの数に有意差は認めなかった。

(6) 左脚ブロック群

3誘導のHFCの総数は 13.4 ± 4.2 で正常群より有意に多く、誘導別ではXおよびY誘導で正常群より有意に多く出現していた。segment別ではRx upstroke, Rx peak, Ry upstroke, Syに増加していた。

(7) WPW群

3誘導のHFCの総数、誘導別およびsegment別のHFCの数ともに正常群との間に有意差は認められなかった。

図4に各群の症例を示した。

(II) HFCによるPRWPの鑑別

表3および図5, 図6にPRWP群の3誘導のHFCの総数および誘導別, segment別のHFCの数を示した。HFCの総数は, PRWP正常群では 7.5 ± 2.4 , PRWP前壁中隔梗塞群では 12.4 ± 3.1 , PRWP左室肥大群では 9.2 ± 4.5 で, PRWP正常群

図4. 症例。a: 正常例(31才, 男性)で7個のHFCを認めた。b: 前壁中隔梗塞例(59才, 男性)で18個のHFCを認めた。c: 下壁梗塞例(74才, 男性)で11個のHFCを認めた。d: 完全右脚ブロック例(56才, 女性)で11個のHFCを認めた。

表3. PRWP群のQRS波上のsegment別のHFCの出現頻度

		PRWP normal	PRWP antero- septal MI	PRWP LVH
number of subjects		30	20	15
X	Q	0.1 ± 0.4	0.3 ± 0.5	0.3 ± 0.7
	R upstroke	0.2 ± 0.4	0.4 ± 0.6	0.5 ± 0.6
	R peak	0.8 ± 0.9	1.0 ± 0.6	0.9 ± 0.6
	R downstroke	0.1 ± 0.4	0.2 ± 0.5	0.4 ± 0.8
	S	0.7 ± 1.2	0.7 ± 0.8	0.9 ± 1.0
	total	1.9 ± 1.3	2.5 ± 1.4	$2.9 \pm 1.9^*$
Y	Q	0.2 ± 0.6	0.2 ± 0.5	0.1 ± 0.4
	R upstroke	0.6 ± 0.6	$1.4 \pm 1.3^*$	0.9 ± 1.1
	R peak	1.0 ± 0.9	$2.2 \pm 1.7^*$	1.1 ± 0.8
	R downstroke	0.5 ± 0.7	$1.6 \pm 1.5^*$	0.9 ± 1.2
	S	0.4 ± 0.6	0.4 ± 0.9	0.2 ± 0.4
	total	2.8 ± 1.6	$5.7 \pm 2.5^*$	3.2 ± 1.9
Z	Q	0.7 ± 0.9	0.6 ± 0.6	1.0 ± 0.8
	R upstroke	0.4 ± 0.6	$1.5 \pm 1.3^*$	0.5 ± 0.9
	R peak	1.5 ± 0.9	2.0 ± 1.4	1.5 ± 1.2
	R downstroke	0.3 ± 0.8	0.2 ± 0.5	0.1 ± 0.3
	S	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
	total	2.8 ± 1.4	$4.3 \pm 1.7^*$	3.2 ± 1.7
total		7.5 ± 2.4	$12.4 \pm 3.1^*$	9.2 ± 4.5

mean $\pm$ S.D. * $P < 0.05$; ** $P < 0.02$; * $P < 0.01$;

*** $P < 0.001$ (compared with PRWP normal).

とPRWP前壁中隔梗塞群, およびPRWP前壁中隔梗塞群とPRWP左室肥大群との間に有意差 ($p < 0.001, p < 0.05$) を認めた。誘導別のHFCの数は, PRWP正常群とPRWP前壁中隔梗塞群ではY誘導 ($p < 0.001$) およびZ誘導 ($p < 0.01$) で, PRWP正常群とPRWP左室肥大群ではX誘導 ($p < 0.05$) で, PRWP前壁中隔梗塞群とPRWP左室肥大群ではY誘導 ($p < 0.01$) でそれぞれ有意差を認めた。segment別のHFCはPRWP正常群とPRWP前壁中隔梗塞群の間では, Ry upstroke, Ry peak, Ry downstroke, Rz upstrokeで, PRWP前壁中隔梗塞群とPRWP左室肥大群の間ではRy peak, Rz upstrokeで有意差が認められた。PRWP正常群とPRWP左室肥大群の間には, segment別のHFCの数に有意差は認めなかった。

図7に示したように, PRWP前壁中隔梗塞の診断基準を, 3誘導のHFCの数の総数が10個以上, とするとsensitivity 70.0%, specificity 76.7%, predictive accuracy 66.7%でPRWP正常群との鑑別が可能であった。さらにsegment別の情報を追加し, 3誘導の総数が10個以上またはRy down-

図5. PRWP群のHFCの総数.

PRWP正常群とPRWP前壁中隔梗塞群, およびPRWP前壁中隔梗塞群とPRWP左室肥大群との間でHFC数に有意差を認めた.

strokeのHFCが2個以上, をPRWP前壁中隔梗塞の診断基準とすると, sensitivity 85.0%, specificity 76.7%, predictive accuracy 70.8%となり, 診断精度が向上した. PRWP正常群とPRWP左室肥大群, およびPRWP前壁中隔梗塞群とPRWP左室肥大群との鑑別のためのHFCによる有用な診断基準の作成はできなかった.

図8にPRWP正常群とPRWP前壁中隔梗塞群の症例を示した.

考 案

心電図のHFCについては1950年代にReidら¹⁾やGroedelら²⁾がその存在を指摘している. しかし臨床における検討はLangnerら^{7)~10)}の報告が最初であり, 彼らは陰極線オシログラフを用いて標準12誘導心電図のHFCを記録し, 冠動脈疾患においてHFCが増加することを報告した. またFlowersら⁶⁾¹¹⁾¹²⁾は修正直交軸誘導心電図を用い, 心肥大, 脚ブロックでもHFCが増加するとしており,

図6. PRWPの各群のsegment別のHFC数.

PRWP前壁中隔梗塞群では, Ry upstroke, Ry peak, Ry downstroke, Rz upstrokeでPRWP正常群より有意にHFCが増加していた. PRWP左室肥大群はPRWP正常群との間にsegment別のHFC数の有意差を認めなかった.

図7. HFC数によるPRWP正常群とPRWP前壁中隔梗塞群の鑑別のための診断基準

3誘導の総数が10個以上, またはRy downstrokeで2個以上の症例をPRWP前壁中隔梗塞とした.

図 8 a. PRWP正常例

48才女性。標準12誘導心電図ではPRWPを呈しており前壁中隔梗塞を疑われたが、X, Y, Zの3誘導のHFCの総数は5個であり正常例と診断された。

図 8 b. PRWP前壁中隔梗塞例

46才男性。標準12誘導心電図ではPRWPを呈しており正常例との鑑別は困難であるが、X, Y, Zの3誘導のHFCの総数は14個であり前壁中隔梗塞と診断された。

Andersonら¹³⁾は狭心症ではHFCは増加しないとしている。さらにリウマチ熱で増加するとの報告もある¹⁴⁾。本邦では石川ら¹⁵⁾¹⁶⁾が、Duchenne型進行性筋ジストロフィー症で、病状の進展とともにHFCの数が増加することを報告している。

このように種々の心疾患においてHFCが増加することは知られてきてはいるが、HFCの定義、記録方法は研究者によつて異なっている。また従来のHFCの出現頻度の検討は誘導別の分析にと

どまつており、QRS波上のHFCの出現部位についてはReynoldsら¹⁷⁾の心筋症における検討があるのみである。そこで本研究ではQRS波を五つのsegmentに分割し、各心疾患におけるQRS波上のHFCの出現部位を検討した。記録機器は、過去においては主にオシログラフが用いられていたが、本研究では、一般に普及していること、連続した多数の心拍の記録が可能などなどの理由によりMingograf 800を用いた。本研究において用いた記録システムの周波数特性は500Hzであるが、通常用いられる最大の紙送り速度と考えられる毎秒250mmでも125Hzの半周期は1mmであり、肉眼によるHFCの数の算定ではこの周波数特性で充分と考えられる。また、HFCは胸部誘導のような心臓に近い単極誘導に出現し易い。しかし、修正直交軸誘導心電図においてもHFCが多数出現し⁶⁾¹¹⁾¹²⁾、しかも誘導数が少なく計測が容易であることより本研究においてはFrank誘導法を採用した。

正常例のHFCの出現頻度については、明らかな性差は認められず、segment別では、Rx peak, Sx, Ry peak, Qz, Rz peakに多く出現する傾向を示した。加齢による動脈硬化を反映して、HFCの出現頻度は高令者で増加するであろうと予測されたが、加齢による増加は認められなかつた。Flowersら⁶⁾は高令者に多いとしており、Boyleら¹⁸⁾は本研究と同じく、年齢差はないとしている。報告者により意見が異なるのは、記録方法やHFCの定義の違いに起因すると考えられる。

疾患群では3誘導のHFCの総数は、右脚ブロックが最も多く、以下、左脚ブロック、心筋梗塞、右室肥大、左室肥大の順であつた。WPW症候群と正常人との間ではHFC数に有意差を認めなかつた。また左室肥大および右室肥大ともに、基礎疾患の種類によるHFC数の有意差は認められなかつた。心筋梗塞でも梗塞部位の違いによるHFC数の差は認められなかつた。

誘導別では、Flowersら⁵⁾は、前壁梗塞はX誘導に、後下壁梗塞はY誘導にHFCが多いとしているが、本研究では、前壁中隔梗塞、下壁梗塞、およ

び後壁梗塞とともにYおよびZ誘導で増加していた。また一般にlow voltageを呈する前壁中隔梗塞および下壁梗塞のY誘導、左脚ブロックのX誘導、右脚ブロックのZ誘導においてHFCが増加する傾向が認められた。このことからlow voltageがHFCを増加させる一つの要因であることが推測される。

Segment別では、疾患により各segmentの時間が異なるため、同じsegmentであつても心周期における同一時期の比較とはならない。しかし、QRS波を何等分かしてみても正確な同一時期の比較のための区分は困難である。そこで本研究では実用上容易なsegment分割法を用いた。疾患によりHFCが増加するsegmentはそれぞれ異なっていた。前壁中隔梗塞では3誘導のR upstroke, R peakに、下壁梗塞ではQy, Qzに、後壁梗塞ではRy upstroke, Ry peak, Qzにそれぞれ増加傾向がみられた。また二つの異なる部位に梗塞を有する症例では、それぞれの部位の梗塞に特徴的な所見の両方を有していた。Sapoznikov¹⁹⁾は、冠動脈疾患では、本研究の対象としたHFCより低周波の、いわば二峰性のQ波、R波といえるようなnotchがQRS波の初期部分に出現すると報告している。本研究でも心筋梗塞におけるHFCの増加したsegmentはQRS波の初期部分のsegmentが主であり、125Hz以上のHFCについてもSapoznikovらと同様の結果を得た。左室肥大ではRx peak, Ry upstroke, Ry peak, Ry downstrokeに、右室肥大ではRx upstroke, Sx, Qz, Rz peakにそれぞれHFCが多く認められた。Reynolds¹⁷⁾は心筋症ではR波downstrokeのnotchが特徴的であるとしているが、本研究ではそのような特徴は認められず、R波downstroke以外のsegmentでもHFCが増加していた。心肥大でHFCの増加するsegmentはQRS波の中央部の最大振幅を形成する部分にあり、すなわち最大ベクトル部分でHFCが増加していた。右脚ブロックでは3誘導のS波に、左脚ブロックではRx upstroke, Rx peak, Ry upstroke, SyにHFCの増加傾向が認められた。すなわち右脚ブロックでは伝導遅延のみられる部分に、左脚ブ

ロックではQRS波全体にHFCが増加していた。一方、刺激伝導異常の一種であるWPW症候群ではHFCの増加は認められず、早期心室興奮部分に相当するデルタ波にもHFCはほとんど出現していない。このことは、刺激伝導異常そのものがHFCの生成を増加させるものではなく、刺激伝導異常の程度ならびにそれに伴う心筋病変の程度がHFCの生成増加に関与していることを示唆していると考えられる。

心筋梗塞におけるHFC数とLVEFとの相関関係は得られなかつた。これは、正常人にもHFCが存在するために、心筋梗塞自体に起因して出現したHFCの正確な数の評価が不可能なこと、HFCと壁運動とは直接の関係がないこと、などの理由によるものと考えられる。また心筋梗塞発症後の経時的变化ではHFC数はほとんど変動せず、ほぼ固定していた。このことは、異常Q波や冠性T波などの消失により心筋梗塞の診断が困難な例においては、HFCが診断の一助になり得ることを示唆している。

陳旧性前壁中隔梗塞では、V1, V2, V3で異常Q波が消失して、rS型を示すことがある。このようにV1, V2, V3でrS型を示す、いわゆるPRWPは前壁中隔梗塞以外にも、正常例、左室肥大、右室肥大においても認められ、鑑別診断上の大きな問題の一つになつている。前壁中隔梗塞と左室肥大の鑑別診断は、QRS波高、心房負荷、QRS平均電気軸などを参考にすれば充分可能であるが、前壁中隔梗塞と正常例との間の鑑別診断は従来より難問とされてきた。そこで本研究においては、HFCの情報をを用いてPRWPを示す前壁中隔梗塞と正常例についての鑑別診断を試み、前壁中隔梗塞と診断する一つの基準を作成した。これは、X, Y, Zの3誘導のQRS波上に認められるHFCの総数が10個以上、またはRy downstrokeでのHFCが2個以上存在するものを前壁中隔梗塞と認定する基準である。このような単純な診断基準によつて、前壁中隔梗塞によるPRWPを正常例にみられるPRWPから鑑別する精度は、sensitivity 85.0%, specificity 76.7%, predictive accuracy 70.8%で

あつた。従来、心電図上のみからはきわめて難解であつたPRWPを示す前壁中隔梗塞例と正常例との鑑別診断に際して、この診断基準は一つの有力な指針になると考えられる。

結 論

正常例、各種心疾患例およびPRWP例の修正直交軸誘導心電図にみられるQRS波上のHFCについて検討を加え、以下のような結果が得られた。

1) 正常例においてもHFCは存在した。HFCの出現頻度に性差はみられず、加齢による増加も認められなかつた。

2) 心筋梗塞ではQRS波の初期部分に、心肥大では中央部に、脚ブロックでは伝導遅延のみられる部分において、HFCの増加が認められた。

3) 心筋梗塞では梗塞部位によりHFCの増加するQRS波上のsegmentは異なつていた。

4) 心筋梗塞におけるHFCはLVEFとは相関関係は認められず、また発症後のHFC数の経時的変化はみられず出現頻度はほぼ一定していた。

5) PRWPを呈する前壁中隔梗塞と正常例との鑑別診断に有用なHFCによる診断基準を作成できた。

文 献

- 1) Reid WD, et al: Research in electrocardiography. Ann Intern Med 7: 369, 1933.
- 2) Groedel FM: Das ElectroKardiogramm. Theodore Steinkoff, Dresden and Leipzig, 1934.
- 3) 石川恭三: フランク誘導法によるベクトル心電図の読み方. 医学書院, 東京, 1976.
- 4) Pipberger HV: Computer analysis of the electrocardiogram. In Computers in Biomedical Research. Vol 1, New York, Academic Press, 1965.
- 5) Frank E: An accurate, clinically practical system for spatial vectorcardiography. Circulation 13: 737, 1956.
- 6) Flowers NC: Location of the site of myocardial scarring in man by high-frequency components. Circulation 40: 927, 1969.
- 7) Langner PH: The value of high fidelity

electrocardiography using the cathode ray oscillograph and an expanded time scale. Circulation 5: 249, 1952.

- 8) Langner PH: Further studies in high fidelity electrocardiography: Myocardial infarction. Circulation 8: 905, 1953.
- 9) Langner PH, et al: The relative significance of high-frequency and low-frequency notching in the electrocardiogram. Amer Heart J 71: 34, 1966.
- 10) Langner PH, et al: Wide band recording of the electrocardiogram and coronary heart disease. Amer Heart J 86: 308, 1973.
- 11) Flowers NC, et al: The anatomic basis for high-frequency components in the electrocardiogram. Circulation 39: 531, 1969.
- 12) Flowers NC and Horan LG: Diagnostic import of QRS notching in high-frequency electrocardiograms of living subjects with heart disease. Circulation 44: 605, 1971.
- 13) Anderson GJ and Blieden MF: The high frequency electrocardiogram in coronary artery disease. Amer Heart J 89: 349, 1975.
- 14) Holcroft JW and Liebman J: Notching of the QRS complex in high frequency electrocardiograms of normal children and in children with rheumatic fever. J Electrocardiol 3: 133, 1970.
- 15) Ishikawa K, et al: Orthogonal electrocardiographic study on progressive muscular dystrophy of the Duchenne type. J Electrocardiol 12: 169, 1979.
- 16) Ishikawa K, et al: Sequential changes in high frequency notches on QRS complexes in progressive muscular dystrophy of the Duchenne type, A 3-year follow-up study. J Electrocardiol 15: 23, 1982.
- 17) Reynolds EW, et al: High frequency components in the electrocardiogram, A comparative study of normals and patients with myocardial disease. Circulation 35: 195, 1967.
- 18) Boyle D, et al: High frequency electrocardiography in ischemic heart disease. Brit Heart J 28: 539, 1966.
- 19) Sapoznikov, et al: High fidelity ECG in the diagnosis of occult coronary artery disease: A study of patients with normal conventional ECG. J Electrocardiol 10: 137, 1977.