心尖部肥大型心筋症の体表面電位分布の 特徴と定量的評価

名古屋大学医学部第一内科

林 博史^{◇*} 石川 富久 上松 治儀 小島 春紀
稲垣 春夫 河合 直樹 外畑 巖

BODY SURFACE POTENTIAL DISTRIBUTION IN APICAL HYPERTROPHY OF IDIOPATHIC CARDIOMYOPATHY AND ITS QUANTITATIVE EVALUATION

Hiroshi HAYASHI, MD, Tomihisa ISHIKAWA, MD, Haruyoshi UEMATSU, MD, Haruki KOJIMA, MD,
Haruo INAGAKI, MD, Naoki KAWAI, MD and Iwao SOTOBATA, MD

The First Department of Internal Medicine, Nagoya University, School of Medicine, Nagoya

概要 心尖部肥大型心筋症の体表面電位図を記録し、その電位分布の特徴を明らかにするとともに、定量的評価を試みた。心エコー図、心臓カテーテル法などで診断した肥大型心筋症のうち、²⁰¹Tl摂取指数が心尖部において特に高く、心尖部肥大型心筋症と判定されたAPH群19例を対象とした。年齢は22才から63才、平均44.5才で、全例男性であつた。対照として、健康成人(N群)43例(平均年齢28.9才)を用いた。電位図は、85点の誘導点からの単極誘導心電図からマイクロコンピューター内臓の電位図記録装置で記録した。APH群のR波の最大値は、左鎖骨中線上の第4・第5肋間および左前腋窩線上の第4肋間にあり、N群のそれと同じであつた。S波の最大値を示す誘導点もAPH群とN群の間で差がなかつた。しかし、APH群のおおのの電位はN群に比して著しく大きかつた。巨大陰性T波の分布は、最大R波の分布領域とはほぼ一致した。最大正電位に達するまでの時間(peak voltage time)は、APH群は平均43.5±8.5msec、N群は平均36.2±6.5msecで、前者が有意に延長していた(P<0.05)。¹'niche'の出現時間は、APH群は平均34.4±7.8msec、N群は平均27.0±4.5msecで、前者が有意に遅延した(P<0.01)。ΣS(V₁, E_s, F_s誘導のS波の和)およびΣR(G₃, G₄, H₄誘導のR波の和)+ΣS(同上)は、心尖部領域の²⁰¹Tl摂取指数との間におおのの正の相関関係を有した。我々の設定した体表面の心尖部領域に、極大が停滞する時間(apical activation time)は、心尖部²⁰¹Tl摂取指数との間に正の相関関係を有した。

はじめに

特発性心筋症(ICM)のうち、肥大型心筋症(HCM)の中には、心筋全体が肥厚しているものと、種々の心筋部位が特に限局性に肥厚しているものがあることが、手術中の観察あるいは剖検に

より、確認されている。これらの肥厚の部位と程度を臨床的に推定する方法としては、心臓カテーテル法による左室造影、心エコー図あるいは、RI心筋シンチグラフィ、RI心プールのスキャン等がある。これらはいずれも心臓の解剖学的構築を、形態学的に評価する方法であり、その有用性は広く認められている。

一方、心電図およびベクトル電図はICMのこれ

〔昭和56年9月24日受稿〕

* 名古屋大学附属病院中央検査部

ら特異な解剖学的特徴に基因する電気現象を抱えることにより、その異常を判定しようとするものである。

しかし、これらの方法は心筋の局所的な電気現象を拾い上げるのには、大きな制約があり、その診断能力は必ずしも十分とはいえない。体表面心臓電位図（電位図）は、この制約をある程度解決するものである¹⁾²⁾。

我々は先に電位図のこの特質を利用して、ICMの中隔肥大例の定性的、定量的評価を心エコー図、剖検から得られた結果と対比して行ない、電位図の有用性を認めた³⁾。

最近、ICMの中に、心室中隔下方から心尖部にかけての部位が他の部位に比して著しく肥大している例のあることが、左室造影法⁴⁾、左右心室同時造影法⁵⁾、超音波診断法⁶⁾などにより明らかにされている。

今回はICMのうち心尖部に特異な肥大を示す例について、その電位分布の特徴を検討し、その定量的評価を試みた。

対象並びに方法

対象は、肥大型心筋症のうち、²⁰¹Tl心筋シンチ

グラフィーにより、心尖部の摂取指数が増加しており、既報の診断基準⁷⁾で判定した心尖部肥大型心筋症（APH群）19例であつた。これは全例男性で、年齢は22才～63才（ 44.5 ± 12.5 , mean $\pm$ SD）であつた。

ICMの診断は、病歴、身体所見、心電図、ベクトル心電図、胸部写真、心エコー図、心臓カテーテル法等により行なわれ、高血圧、弁膜症、その他心肥大を来す基礎疾患の合併のあるものは除外した（図1、2）。

なお、対照群（N群）として健康成人43例（男性25例、女性18例、年齢20才～61才、平均28.9才）を用いた。

方法は、体表面上85点（胸部59点、背部26点）からの単極誘導心電図を同時記録し、中日電子製マイクロコンピュータ内臓mapper HPM 5100により電位図を作成した⁸⁾。

得られた電位図より、各誘導点が有する最大正電位（R波）、最大負電位（S波）および、再分極期の最大負電位（陰性T波）、最大正電位（陽性T波）を求めた。

また、APH群および、N群間における各誘導点

図1. 心尖部肥大型心筋症（APH）のMモード心エコー図と超音波断層図（T.Y. 55才、男）。中隔、左室後壁共に心尖部方向で厚さを増大している。

図 2. 心尖部肥大例の左室造影（上：拡張期，中：収縮期）と両室造影（下）所見（K.K. 54才，男）。心尖部肥大のため収縮終期に，心尖部の先細りが著明である。両室造影により中隔が明らかに認められ，心尖部肥大が確診された。

の R 波と S 波高の有意差の検定を行なった。

心室脱分極期における極大（最大正電位）の体表面上の経時的な移動を検討し，左鎖骨中線，左前腋窩線上に極大が存在する時間帯を APH 群，N 群について求め心尖部興奮時間とした。

^{201}Tl 心筋シンチグラフィーは， $^{201}\text{TlCl}$ を用いて正面，左前斜位 30° ， 45° ， 60° ，左側面の像を得た。

心筋シンチグラフィーでは，心筋部分に九つの関心領域（ROI）を設定し，縦隔洞領域の background count に対する各 ROI count の比，すなわち ^{201}Tl 摂取指数（MUI）を求めた。これにより既報の診断基準に従って，心尖部の MUI が特異的

図 3. APH の電位図の経時変化。興奮伝播過程は正常とほぼ同様であるが，niche の出現時間がやや遅く（32 msec），心尖部の極大電位が著しく大きい（44 msec），また，極大が，左鎖骨中線，左前腋窩線に留る時間が長い（各フレームの左半分は前胸部，右半分は背部を示す。等電位線は，QRS は $40\mu\text{V}$ 毎，ST は $100\mu\text{V}$ 毎，T は $200\mu\text{V}$ 毎）。

に高い例を，心尖部肥大型心筋症（APH）とした。

結 果

APH 群の 1 例の電位図を図 3 に示す。心室興奮は，正常と同様に中隔を左室側から右室側へと進展して開始する（8，24 msec）。その後いわゆる niche（正・負領域の境界の零線の陥凹）が出現し（32 msec），興奮は次第に左室前壁から心尖部に進展するが（44 msec），心尖部における電位は 3.3 mV と著しく高く，極大も長時間この周辺に停滞した。興奮はさらに側壁から後壁へと進み（56，68 msec）興奮を終了して興奮回復過程が開始した（164 msec）。なお，T 波の極期では，著しい負電位（極小）が，44 msec における極大と同じ心尖部領域に存在した（312 msec）。

1) APH の R 波および S 波高の分布（表 1，図

表1. APH群19例の各誘導点のR波, S波高 (mV) (mean $\pm$ SD)

R wave														n=19 Mean $\pm$ SD	
7	0.07 $\pm$ 0.11	0.12 $\pm$ 0.16	0.13 $\pm$ 0.21	0.20 $\pm$ 0.31	0.27 $\pm$ 0.42	0.27 $\pm$ 0.36	0.34 $\pm$ 0.43							0.16 $\pm$ 0.24	0.08 $\pm$ 0.14
6	0.09 $\pm$ 0.15	0.16 $\pm$ 0.19	0.24 $\pm$ 0.29	0.38 $\pm$ 0.49	0.63 $\pm$ 0.58	0.68 $\pm$ 0.48	0.92 $\pm$ 0.76							0.40 $\pm$ 0.34	0.22 $\pm$ 0.26
5	0.05 $\pm$ 0.07	0.08 $\pm$ 0.11	0.23 $\pm$ 0.20	0.40 $\pm$ 0.28	0.82 $\pm$ 0.57	1.17 $\pm$ 0.61	1.64 $\pm$ 0.93	2.01 $\pm$ 1.07	1.16 $\pm$ 0.50	0.71 $\pm$ 0.43	0.32 $\pm$ 0.27	0.07 $\pm$ 0.11	0.05 $\pm$ 0.08		
4	0.08 $\pm$ 0.10	0.12 $\pm$ 0.12	0.29 $\pm$ 0.22	0.52 $\pm$ 0.31	1.13 $\pm$ 0.66	1.90 $\pm$ 1.01	3.06 $\pm$ 1.39	3.00 $\pm$ 1.12	1.65 $\pm$ 0.81	1.02 $\pm$ 0.47	0.54 $\pm$ 0.33	0.09 $\pm$ 0.14	0.06 $\pm$ 0.08		
3	0.15 $\pm$ 0.17	0.21 $\pm$ 0.16	0.31 $\pm$ 0.19	0.52 $\pm$ 0.23	1.05 $\pm$ 0.48	1.83 $\pm$ 0.87	3.01 $\pm$ 1.24	2.27 $\pm$ 0.80	1.57 $\pm$ 0.64	1.15 $\pm$ 0.48	0.71 $\pm$ 0.34	0.15 $\pm$ 0.18	0.08 $\pm$ 0.13		
2	0.28 $\pm$ 0.25	0.31 $\pm$ 0.24	0.38 $\pm$ 0.23	0.57 $\pm$ 0.26	0.92 $\pm$ 0.43	1.54 $\pm$ 0.72	2.08 $\pm$ 1.06	1.64 $\pm$ 0.67	1.39 $\pm$ 0.59	1.24 $\pm$ 0.54	0.88 $\pm$ 0.40	0.27 $\pm$ 0.27	0.22 $\pm$ 0.21		
1	0.38 $\pm$ 0.28	0.42 $\pm$ 0.30	0.52 $\pm$ 0.34	0.65 $\pm$ 0.39	0.87 $\pm$ 0.47	1.20 $\pm$ 0.61	1.42 $\pm$ 0.65	1.34 $\pm$ 0.57	1.18 $\pm$ 0.51	1.15 $\pm$ 0.47	0.86 $\pm$ 0.41	0.39 $\pm$ 0.33	0.37 $\pm$ 0.29		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M		
S wave														n=19 Mean $\pm$ SD	
7	0.98 $\pm$ 0.48	1.13 $\pm$ 0.57	1.22 $\pm$ 0.64	1.06 $\pm$ 0.76	0.76 $\pm$ 0.63	0.55 $\pm$ 0.59	0.39 $\pm$ 0.50							0.45 $\pm$ 0.20	0.72 $\pm$ 0.40
6	0.99 $\pm$ 0.50	1.22 $\pm$ 0.61	1.36 $\pm$ 0.72	1.38 $\pm$ 0.96	1.07 $\pm$ 0.68	0.87 $\pm$ 0.72	0.48 $\pm$ 0.46							0.13 $\pm$ 0.17	0.38 $\pm$ 0.30
5	0.63 $\pm$ 0.36	0.87 $\pm$ 0.56	1.10 $\pm$ 0.60	1.48 $\pm$ 0.82	2.15 $\pm$ 1.47	1.58 $\pm$ 1.03	0.93 $\pm$ 0.76	0.40 $\pm$ 0.44	0.15 $\pm$ 0.21	0.11 $\pm$ 0.15	0.32 $\pm$ 0.23	0.59 $\pm$ 0.28	0.54 $\pm$ 0.37		
4	0.45 $\pm$ 0.38	0.57 $\pm$ 0.43	0.82 $\pm$ 0.49	1.24 $\pm$ 0.72	1.87 $\pm$ 1.07	1.41 $\pm$ 1.00	0.85 $\pm$ 0.76	0.42 $\pm$ 0.47	0.17 $\pm$ 0.24	0.07 $\pm$ 0.15	0.18 $\pm$ 0.18	0.39 $\pm$ 0.26	0.44 $\pm$ 0.28		
3	0.27 $\pm$ 0.33	0.37 $\pm$ 0.41	0.50 $\pm$ 0.53	0.66 $\pm$ 0.69	0.84 $\pm$ 0.83	0.80 $\pm$ 0.90	0.58 $\pm$ 0.64	0.33 $\pm$ 0.37	0.17 $\pm$ 0.23	0.08 $\pm$ 0.16	0.08 $\pm$ 0.14	0.36 $\pm$ 0.24	0.30 $\pm$ 0.25		
2	0.23 $\pm$ 0.32	0.28 $\pm$ 0.40	0.34 $\pm$ 0.47	0.41 $\pm$ 0.53	0.42 $\pm$ 0.57	0.37 $\pm$ 0.49	0.38 $\pm$ 0.51	0.24 $\pm$ 0.34	0.21 $\pm$ 0.26	0.12 $\pm$ 0.19	0.07 $\pm$ 0.12	0.19 $\pm$ 0.18	0.23 $\pm$ 0.22		
1	0.22 $\pm$ 0.33	0.23 $\pm$ 0.38	0.23 $\pm$ 0.38	0.27 $\pm$ 0.41	0.27 $\pm$ 0.44	0.28 $\pm$ 0.44	0.26 $\pm$ 0.40	0.23 $\pm$ 0.32	0.21 $\pm$ 0.29	0.15 $\pm$ 0.24	0.11 $\pm$ 0.17	0.18 $\pm$ 0.20	0.22 $\pm$ 0.30		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M		

APH

Normal

図4. APH群とN群の各誘導点のR波高の平均値, フレーム中の点は, 85誘導点, 六つの黒丸は標準12誘導心電図のV₁-V₆の位置. 等電位線は0.5mV毎に引いてある.

APH

Normal

図5. APH群とN群の各誘導点のS波高の平均値.

表 2. N群43例の各誘導点のR波, S波高 (mV) (mean±SD)

R wave		(N=43) (MEAN±SD)												
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
7		0.04±0.08	0.07±0.10	0.10±0.10	0.15±0.13	0.20±0.14	0.22±0.16	0.21±0.16				0.07±0.12	0.06±0.10	
6		0.06±0.08	0.11±0.11	0.18±0.13	0.33±0.18	0.47±0.22	0.54±0.21	0.50±0.26				0.17±0.22	0.12±0.15	0.09±0.12 0.05±0.08
5		0.04±0.06	0.06±0.08	0.13±0.12	0.28±0.23	0.55±0.30	0.81±0.27	0.90±0.38	0.97±0.51	0.79±0.41	0.42±0.32	0.24±0.20	0.11±0.14	0.06±0.08
4		0.07±0.09	0.09±0.10	0.14±0.14	0.29±0.23	0.66±0.32	1.11±0.51	1.53±0.65	1.44±0.55	1.06±0.37	0.72±0.32	0.49±0.22	0.17±0.15	0.08±0.08
3		0.17±0.14	0.17±0.14	0.19±0.18	0.31±0.19	0.62±0.33	1.17±0.56	1.60±0.63	1.39±0.51	1.12±0.38	0.91±0.30	0.66±0.25	0.23±0.17	0.15±0.13
2		0.27±0.19	0.28±0.19	0.30±0.21	0.38±0.22	0.66±0.33	1.03±0.48	1.23±0.48	1.18±0.43	1.04±0.36	0.98±0.39	0.75±0.29	0.30±0.20	0.24±0.17
1		0.39±0.23	0.41±0.24	0.42±0.24	0.50±0.27	0.69±0.32	0.90±0.39	0.92±0.44	1.01±0.41	0.93±0.35	0.91±0.32	0.74±0.28	0.39±0.22	0.33±0.22
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
S wave		(N=43) (MEAN±SD)												
7		0.63±0.23	0.73±0.26	0.83±0.27	0.87±0.29	0.77±0.32	0.58±0.31	0.39±0.25				0.36±0.19	0.53±0.18	
6		0.59±0.22	0.70±0.28	0.87±0.33	1.02±0.41	0.97±0.42	0.78±0.41	0.44±0.26				0.13±0.13	0.23±0.16	0.46±0.18 0.45±0.18
5		0.34±0.18	0.47±0.21	0.60±0.28	0.85±0.44	1.38±0.62	1.33±0.62	0.72±0.44	0.39±0.27	0.08±0.10	0.05±0.08	0.16±0.11	0.39±0.15	0.38±0.18
4		0.21±0.17	0.29±0.22	0.43±0.34	0.66±0.41	1.17±0.60	0.99±0.63	0.55±0.42	0.24±0.20	0.08±0.10	0.03±0.06	0.09±0.09	0.27±0.13	0.24±0.15
3		0.10±0.13	0.13±0.17	0.23±0.30	0.37±0.37	0.59±0.48	0.48±0.43	0.33±0.29	0.16±0.16	0.08±0.10	0.04±0.07	0.07±0.09	0.16±0.12	0.14±0.14
2		0.06±0.10	0.07±0.13	0.13±0.23	0.22±0.27	0.29±0.33	0.27±0.28	0.20±0.19	0.12±0.14	0.08±0.11	0.06±0.08	0.05±0.08	0.08±0.10	0.07±0.10
1		0.05±0.08	0.06±0.13	0.09±0.17	0.12±0.20	0.18±0.22	0.17±0.22	0.13±0.15	0.10±0.13	0.08±0.12	0.06±0.10	0.04±0.08	0.05±0.09	0.06±0.10
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M

4, 5)

R波高が3mV以上の高値を示した誘導点は, G4およびG3, すなわち左鎖骨中線上第5, 6肋間およびH4, すなわち左前腋窩線上第5肋間であり, これらの値はおのおの $3.06 \pm 1.39\text{mV}$, $3.01 \pm 1.24\text{mV}$, $3.00 \pm 1.12\text{mV}$ であった (mean±SD, 以下同様)。

これらを中心に高電位領域は, ほぼ同心円状に拡がり, 0.5mV領域はトルソー下方に向かつて拡がつて分布した。

S波高が最大値を示した誘導点は, E5すなわち, 胸骨正中線上第3肋間に存在し, その値は $2.15 \pm 1.47\text{mV}$ であった。高電位領域は, この点から右肩方向にやや偏心性に拡がり, 0.5mV領域では, 前胸部の上半分のほぼ全体を覆い右背部上方にまで拡がつた。

2) 正常のR波およびS波高の分布 (表2, 図4, 5)

R波高が最大値を示した誘導点はG3すなわち

左鎖骨中線上第6肋間であり, その値は $1.60 \pm 0.63\text{mV}$ であった。高電位領域はこの点から左側胸部下方に向かつて, やや偏心性に拡がり, 0.5mV領域はAPHのそれとほぼ同じであった。

S波高が最大値を示した誘導点は, E5すなわち胸骨正中線上第3肋間に存在し, その値は $1.38 \pm 0.62\text{mV}$ であった。高電位領域は, この点を中心に前胸部上方に拡がつた。

3) APH群とN群間のR波およびS波高の差 (図6)

APH群がN群に比して, 有意にR波高の増大を示した領域は左前胸部を中心にして ($P < 0.001$) ほぼ同心円状に拡がり ($P < 0.01$), さらに前胸部下方および左側胸部下方に及んだ ($P < 0.05$)。

一方, APH群のS波高がN群のそれに比して有意に増大を示した領域は, 右前胸部上方および右背部上方 ($P < 0.001$) と, これらを囲む右前胸部および背部下方の領域であった ($P < 0.01$ および $P < 0.05$)。

図6. APH群とN群間の各誘導点のR波とS波の大きさの有意差検定.

図7. T波の正、負最大値の分布図(Tmax map)の1例. 等電位線は0.5mV毎に示してある. 最大陰性および陽性T波の位置は, おのおのR波, S波の最大値を示す誘導点と同じである.

4) 陰性T波の分布 (図7)

陰性T波が最大値を示す誘導点の分布は, G4が10例, G3が5例, F4とH4がおのおの2例であった. 陰性T波の最大値を示す誘導点は, 図1で示した最大R波の誘導点(G3, G4, H4)と一致する例が多く, 陽性T波が最大値を示す誘導点は, 最大S波の誘導点(E4, E5, F5)に一致する例が多かった.

5) R波およびS波高と心尖部 ^{201}Tl 摂取指数

との相関

R波高に関しては心尖部 ^{201}Tl 摂取率と相関を有する単一の誘導点は存在しなかった.

一方, S波高(y)と心尖部 ^{201}Tl 摂取指数(x)とが有意の相関を有する誘導点は以下の5点であった.

- i) 心電図V₁に相当する誘導点
($y = 1.4x - 0.7$, $r = 0.80$)
- ii) 胸骨正中線上第3肋間の誘導点(E5)
($y = 2.34x - 1.77$, $r = 0.73$)
- iii) 左傍胸骨線上第3肋間の誘導点(F5)
($y = 1.17x - 1.00$, $r = 0.74$)
(以上 $P < 0.01$)
- iv) 心電図V₂に相当する誘導点($r = 0.66$)
- v) 左鎖骨中線上第2肋間の誘導点(G6)
($r = 0.63$)
(以上 $P < 0.05$)

相隣接するi) ii) iii)の誘導点のS波高の和, ΣS (mV) (y)と ^{201}Tl 摂取指数(x)の相関は次の如くであった(図8).

$$y = 4.4x - 1.1 \quad (r = 0.65, P < 0.05)$$

なお, R波高が最も大きい3誘導点G3, G4(V₄), H4(V₅)のR波高の和, ΣR (mV)は ^{201}Tl 摂取指数と全く相関しなかったが, $\Sigma R + \Sigma S$ (y)とは正相関を示した($y = 5.7x + 5.5$, $r = 0.58$, $P < 0.05$) (図8).

6) 心尖部興奮時間 (apical activation time)

心尖部興奮の開始時間は, N群で 21.1 ± 9.5 msec, APH群は, 26.5 ± 10.8 msec (N S), 終了時間はN群 44.7 ± 7.5 msec, APH群 57.1 ± 10.2 msec ($P < 0.001$)であった. その持続時間は, N群 23.4 ± 8.4 msec, APH群 30.6 ± 11.1 msec ($P < 0.02$)で, APH群において有意に延長がみられた.

なお, 心尖部興奮時間と心尖部 ^{201}Tl 摂取指数との関係を求めると, 心尖部における ^{201}Tl 摂取指数(x)が高いもの程心尖部興奮時間(y)は延長する傾向がみられ, 両者には以下の関係が認められた(図9).

$$y = 13.2x + 9.1 \quad (r = 0.68, P < 0.005)$$

図8. APHにおける心尖部²⁰¹Tl摂取指数とSSおよびSR+SSとの関係。

図9. 心尖部興奮時間と²⁰¹Tl摂取指数との相関関係。

7) 最大正電位に達するまでの時間 (peak voltage time)

APH群のそれは、27msecから54msecで平均 43.5 ± 8.5 msecであり、N群は24msecから51msecで平均 36.2 ± 6.5 msecで前者が有意に延長していた ($P < 0.05$)。

8) Nicheの出現時間とその部位

APH群のnicheの出現時間は、24msecから48msecで、平均 34.4 ± 7.8 msecであつたのに対し、

N群では18msecから36msec平均 27.0 ± 4.5 msecで前者は有意に出現時間が遅れた ($P < 0.01$)。nicheの出現部位は、APH群では、E4 7例 (36.8%)、E5 4例 (21.1%)、E6 3例 (15.8%)、その他F5、D5がおのおの2例 (10.5%)、F4 1例 (5.3%)であつた。一方、N群ではE5 17例 (39.5%)、F5 7例 (16.3%)、E4 5例 (11.6%)、E6、D4がおのおの4例 (9.3%)、F4、F6がおのおの2例 (4.7%)、E7、D5が各1例 (2.3%)であつた。すなわち、両群間にniche出現部位の差は認められなかつた。

考 案

体表面電位図は、Wilson中心電極を基準とする単極誘導心電図を体表面上の多数の点から記録し、これをもとにして瞬時毎の電位を等電位線で結んで表現したものである。従つて、これによれば心臓各部位の電気現象をある程度分離して理解することができ、かつ、その経時的变化をも、把握することが可能である¹⁾²⁾。

これまで心筋硬塞、WPW症候群、右脚ブロックなどは、電位図により種々の検討がなされてきたが、ICMに関する研究はまだ非常に少なく⁹⁾、今後十分検討がなされねばならない。

APHでは、著しく肥厚した心尖部に対応する体表面に高電位領域が存在することが推定される。Selvesterらは¹⁰⁾、シミュレーション法を用いて、心臓を17個の区画に分けて、それぞれの興奮により体表面心電図上に如何なる電位が、どの領域に反映されるかを検討した。その結果、心尖部および中隔部分は体表面上に明確に投影されることを示しており、その対応関係は、今回の我々の結果とほぼ一致している。APH群において、R波高が特に大きい誘導点は、G3、G4 (V_4)、H4 (V_5)の3点であつたが、これらはN群におけるそれと全く同じであつた。また、S波高が著しく大きい誘導点はAPH群では、E4、E5、F5の3点であつたが、これらもN群のそれと全く同じであつた。これはAPH群では、一般に心拡大を伴わないものが多いため心尖部がN群に比して余り偏位せず、心臓の回転も伴わないことにより説明できるであろう。

一方、先に行なつた我々の検討で大動脈弁閉鎖不全症など著しい心拡大を伴う場合には、R波は著しく増大すると共に、その最大値を示す誘導点はN群あるいは、APH群に比して左下方すなわち、左前腋窩線上、第5肋間を中心に分布した¹¹⁾。

一方、R波、S波の最大値はAPH群ではN群に比して著しく大きく、前述の各3誘導点を中心に、ほぼ同心円状に高電位領域が拡がった。

R波高の0.5mV領域の拡がり、APH群、N群との間ではほとんど差が見られず、APH群が心尖部を中心とした求心性肥大である事が示唆された。またS波高の0.5mV領域の前胸部の拡がりもAPH群はN群に比して、ひとまわり大きい互いによく類似しており、心尖部における興奮前面の見送り現象が、その程度こそ異にするが、ほぼ同様の領域に反映されたものと考えられる。

APH群のR波がN群に比して、有意に増大している誘導点は、ほぼAPH群におけるR波の1mV以上の領域と一致しており、有意性の検定において、その中心は危険率が小さく、辺縁はより危険率が大きくなつた。

APH群の電位分布パターンでその他の特徴的な事は、D、Eの4、5領域(V_1 、 V_2 を含む領域)のR波高が極端に小さくなつたり、消失したりしないことであつた。左室肥大が著しくなると、 V_1 、 V_2 のR波高が減少して、いわゆるpoor progressive Rを示し、septal forceが減少又は、消失することは、日常心電図又はベクトル心電図でしばしば経験する¹²⁾¹³⁾。これは、左室自由壁の強大な興奮による中隔興奮の相殺(cancellation)によると考えられ¹³⁾、中隔および左室自由壁における興奮の前面の方向が互いにほぼ正反対になるために生ずる。APHでは、septal forceとapical forceが互いに、正反対の方向ではなく、かつ、心尖部肥大は中隔下方の肥大を伴うため、起電力が相殺する状況にないことによると考えられる。

APH群のS波がN群に比して有意に増大を示した誘導点は、胸部ではR波高の場合と異なり、最も高いS波高を示した領域とは一致しておらず、右肩から右前胸部上方を中心とした領域で、

右肩領域の方がより危険率が小さかつた。背部ではS波高の0.5mV領域に一致した右上方により危険率の小さい領域が存在した。

これらの所見も、APHは正常における起電力が、全体的にはほぼ均等に増大した求心性肥大であることを示唆するものであろう。²⁰¹Tl摂取指数とAPH群の各誘導点のR波およびS波の大きさとの相関を求めた。²⁰¹Tl摂取指数は主として、心筋灌流量に比例して増加すると考えられる¹⁴⁾。これまでの検討では、左室容積(LV mass)は多くの場合心エコー図から推定されていたが、今回は²⁰¹Tl摂取指数から局所心筋のmassを推定した。この方法は、特発性肥厚性弁下狭窄症(IHSS)において有用であることが示されている¹⁵⁾。

一方、心起電力の大きさは心筋の厚さ、あるいはその量と、およその比例関係のあることが、心エコー図を用いた臨床的¹⁶⁾、あるいはモデル実験¹⁷⁾で認められているので、²⁰¹Tl摂取指数とR波及びS波の大きさの間に相関が存在すると考えられる。

G3、G4(V_4)、H4(V_5)の誘導点は心尖部に対応すると考えられる体表面領域であり、その電位も著しく大きかつた。この領域での高電位は、心尖部肥大を示唆するものではあつたが、この電位の大きさと²⁰¹Tl摂取指数は比例せず、この電位の大きさは心尖部肥大の程度を直接表現するものではなかつた。

一方、図8で示した5誘導点のS波の深さは、心尖部²⁰¹Tl摂取指数と正の相関関係を認めた。すなわち、心尖部が解剖学的に近接している体表面領域のR波電位が、心尖部肥大の程度を反映せず、いわばその電位の対側性変化とでもいうべき深いS波が、前胸部上方すなわち、心の長軸に対して心尖部と反対の領域にみられ、これが心尖肥大の程度を半定量的に表現した。この理由としては以下のことが考えられた。すなわち、体表面上で高いR波を生ずる因子としては、心肥大の他に心臓と誘導点までの距離が大きな影響を有する。心尖部肥大では、心尖部が胸壁に非常に近く存在するため、肥大そのものより相対的に距離の因子がよ

り大きな役割を果たし、その結果R波電位の大きさが、そのまま心尖部肥大の程度を表現しない結果をもたらす。

この際、S波電位と、心尖部²⁰¹Tl摂取指数とが高い相関を有する誘導点が、前胸部上方から左肩にかけて5点存在したが、これらのうちの1点から心尖部²⁰¹Tl摂取指数を推定するよりは数点の電位の和からの推定の方が、各症例毎のバリエーションによる誤差をより小さくできる可能性がある。

今回は、V₁、E5、F5の3誘導点からΣSを求め、²⁰¹Tl摂取指数との相関を求め、ほぼ満足できる結果を認めた。

ICMでは、APHに限らず、左室肥大ストレインを示す例が非常に多い。

APHにおいて左胸部誘導のR波高電位と同時に観察される深い陰性T波は、ventricular gradientの方向が正常範囲から大きく逸脱しており、この場合のT波変化は一次性といわれる⁶⁾。

今回の19例のAPH群のT波の電位分布の検討によれば、巨大陰性T波のピークは、G4、G3に最も多く存在し、これらの領域は、R波のピークの位置と同じであつた。

従つて、APHにみられる巨大陰性T波の成因として著しい心筋肥大に伴う心外膜側の再分極の遅延あるいは、心尖部と心基部の壁厚の著しい差が、再分極過程に異常をきたしていることも考えられ、二次性変化もある程度関与している可能性が示唆された。

肥大型閉塞性心筋症において、中隔肥大があると中隔興奮に要する時間が延長することが認められている¹⁹⁾。我々も中隔肥大型心筋症において、中隔心起電力をよく反映する領域に、電位図上の極大が正常に比して著しく長時間停滞することを報告した³⁾。

同様に、APH群において、最大R電位が記録されることから心尖部の電位をよく反映すると考えられるG、H線、すなわち左鎖骨中線、左前腋窩線上に極大が停滞する時間は、正常に比して著しく長いことを認めた。これは、肥大のために興奮に

要する時間が延長したためであり左室肥大心電図において、左胸部誘導の心室興奮時間(ventricular activation time)の延長が認められることと類似の現象と考えられる。事実、我々は各誘導点において、最大正電位に達するまでの時間を求め、等時線表示した“peak time map”を各種心疾患について作成したが、心肥大あるいは、脚ブロックでは興奮伝播時間が延長し、isochrone line(等時線)の密集を認めている²⁰⁾。

ICMの中で左室肥大所見は60%以上の高率にみられるが³⁷⁾³⁸⁾、その原因としては、対称性肥大によるものと非対称性肥大によるものがあり、さらにおのおのが拡大を伴う例などがある。非対称性肥大では、従来より中隔肥大が大きくとりあげられてきたが、心尖部肥大の存在も問題となろう。同じ左室高電位を示す心筋症であつても、このように種々の病態の違いがあり臨床的意義も大いに異なる。今後、求心性肥大をもたらし高血圧心や、大動脈弁狭窄症など圧負荷疾患における電位分布を検討し、APHとの差を検討する必要がある。電位図により高電位の分布パターンの違いから肥大様式の差を推定し、さらにその領域の電位の大きさから、肥大大心筋の半定量的診断まで可能となれば、電位図は非侵襲的診断法として極めて、優れた方法として評価され、患者の管理、治療に大いに貢献すると考えられる。

結 論

心尖部肥大型心筋症(APH群)19例の体表面心臓電位図を記録し、健常者(N群)43例のそれと対比して、以下の結論を得た。

1) APH群において、最大R波および最大S波の電位は、N群のそれに比して著しく大きかつたが、これらの誘導点の位置は、N群のそれとほぼ同じであつた。

2) 巨大陰性T波の分布領域は、最大R波のそれとほぼ一致した。

3) 最大正電位に達するまでの時間(peak voltage time)は、APH群は、平均 43.5 ± 8.5 msecで、N群は平均 36.2 ± 6.5 msecであつた($P < 0.05$)。

4) 'niche'の出現時間は、APH群は平均 34.4 ± 7.8 msec, N群は平均 27.0 ± 4.5 msecであった ($P < 0.01$).

5) ΣS および $\Sigma R + \Sigma S$ は、おのおの心尖部領域の ^{201}Tl 摂取指数との間に、正の相関々係を有した ($P < 0.05$, $P < 0.05$).

6) 体表面上の心尖部領域に、極大が停滞する時間 (apical activation time) は、心尖部 ^{201}Tl 摂取指数との間に、正相関を認めた ($P < 0.005$).

謝辞 図2の心室造影図は浜松西部医療センター、西嶋憲治先生、藤原千冬先生の御厚意によるものであり深謝します。

文 献

- Horan LG, et al: Body surface potential distribution: Comparison of naturally and artificially produced signals as analyzed by digital computer. *Circul Res* 13: 373, 1963.
- Abildskov JA, et al: Experimental evidence for regional cardiac influence in body surface isopotential maps of dogs. *Circul Res* 38: 386, 1976.
- 石川富久, 他: 体表面心臓電位図による中隔肥大の定性的および定量的評価. 呼吸と循環 29: 545, 1981.
- Yamaguchi H, et al: Hypertrophic cardiomyopathy with giant negative T-clinical and angiographic characteristics. *Jap Circul J* 40: 514, 1976.
- Redwood DR, et al: Biventricular cineangiography in the evaluation of patients with asymmetric septal hypertrophy. *Circulation* 49: 1116, 1974.
- Sakamoto T, et al: Giant T wave inversion as a manifestation of asymmetrical apical hypertrophy (AAH) of the left ventricle. Echocardiographic and ultrasono-cardiotomographic study. *Jap Heart J* 17: 611, 1976.
- Watanabe Y, et al: The quantitative diagnosis of Thallium-201 myocardial perfusion images and vectorcardiograms in myocardial infarction and hypertrophic cardiomyopathy. *Jap Circul J* 45: 148, 1981.
- Hayashi H, et al: Diagnostic value of body surface map in myocardial infarction. Assessment of location, size and ejection fraction as compared with coronary cineangiography and ^{201}Tl myocardial scintigraphy. *Jap Circul J* 44: 197, 1980.
- Flowers NC and Horan LG: Comparative surface potential patterns in obstructive and nonobstructive cardiomyopathy. *Am Heart J* 86: 196, 1973.
- Selvester RH, et al: Propagation velocities and voltage magnitudes in local segments of myocardium. *Circul Res* 27: 619, 1970.
- 石川富久, 他: 大動脈弁閉鎖不全症における体表面上R波およびS波の診断的意義. 呼吸と循環 30: (9月号), 1982.
- Selzer A, et al: Electrocardiographic findings in concentric and eccentric left ventricular hypertrophy. *Amer Heart J* 63: 320, 1962.
- Wallace AG, et al: The vectorcardiogram in left ventricular hypertrophy. A study using the Frank lead system. *Amer Heart J* 63: 466, 1962.
- Sapirstein LA: Regional blood flow by fractional distribution of indicators. *Amer J Physiol* 193: 161, 1958.
- Bulkley BH, et al: Idiopathic hypertrophic subaortic stenosis: Detection by thallium 201 myocardial perfusion imaging. *New Engl J Med* 293: 1113, 1975.
- Toshima H, et al: Correlations between electrocardiographic, vectorcardiographic, and echocardiographic findings in patients with left ventricular overload. *Amer Heart J* 94: 547, 1977.
- Mashima, S: Theoretical considerations on the electrocardiogram of ventricular hypertrophy. *J Electrocardiol* 9: 133, 1976.
- Jacobson D and Schrire V: Giant T wave inversion. *Brit Heart J* 28: 768, 1966.
- Van Dam RT, et al: Electrical activation of ventricles and interventricular septum in hypertrophic obstructive cardiomyopathy. *Brit Heart J* 34: 100, 1972.
- 林 博史, 他: 体表面心臓電位図からみた心室興奮伝播過程. 日本臨床 39: 217, 1981.