

# 心電図左室肥大所見の診断精度向上のために— 本邦人の基準に関する試み

A Study on Improved Electrocardiographic Diagnosis of Left Ventricular Hypertrophy: An Approach to Japanese Criteria

田淵 弘孝<sup>1,\*</sup> 沢山 俊民<sup>2</sup>

Hiroataka TABUCHI, MD<sup>1,\*</sup>, Toshitami SAWAYAMA, MD, FJCC<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 田淵内科医院, <sup>2</sup> さわやまクリニック

## 要 約

**目的** 心電図上従来の Sokolow-Lyon 電位 (SV<sub>1</sub> + RV<sub>5</sub>) を用いた左室肥大の診断は、中高年では偽陰性例が多い。一方 LIFE study や 2003ESH-ESC などでは、心電図左室肥大の基準として Cornell Product : (SV<sub>3</sub> + RaVL) × QRS (単位: mm × msec) が併用され、本邦でも普及しつつある。ただ、Sokolow-Lyon 電位 ≥ 3.8 mV, and/or Cornell Product ≥ 2440 mm × msec という基準は臓器障害としての高度左室肥大を意味する。そこで今回心血管合併症予防の目的で、軽症左室肥大も含めた心電図診断の有用性について検討した。

**方法** 対象は高血圧症 124 例 (男性 64 例, 平均年齢 66.3 ± 9.1 歳) で、心電図および心エコー図検査を同日に施行した。心筋症、心筋梗塞後、脚ブロック例は除外した。心電図上 Sokolow-Lyon 電位 ≥ 3.5 mV あるいは Cornell Product ≥ 1,700 mm × msec という基準を設定した。心エコー図は B モード左室長軸断層で、右室成分は除き、左室壁に対して垂直な断面で壁厚を測定し、心室中隔厚 + 左室後壁厚が 21 mm 以上を左室肥大とした。各指標と左室心筋重量係数 (LVMI) との相関もみた。

**結果** 左室肥大は SV<sub>1</sub> + RV<sub>5</sub> 電位のみでは感度 24.3%, 特異度 98.0%, 診断精度 54.0% であったのに対し、今回の基準では、感度 77.0%, 特異度 82.0%, 診断精度 79.0% であった。また LVMI との相関係数 (*r*) は SV<sub>1</sub> + RV<sub>5</sub> が 0.40, Cornell Product が 0.44 であった。Cornell Product は 1,700 をカットオフ値に設定すると、最も診断精度が高かった。

**総括** 高血圧患者 124 例を対象に、心電図左室肥大の診断精度について検討した。その結果、Sokolow-Lyon 電位 ≥ 3.5 mV あるいは Cornell Product ≥ 1,700 mm × msec という基準では診断精度 79.0% であった。この基準により、高血圧性心疾患の早期から心電図上左室肥大がよりの確に診断可能と考えられた。

<Keywords> 高血圧  
左室肥大  
心電図

心エコー図  
人種差

J Cardiol Jpn Ed 2009; 3: 222-229

## 背景および目的

心電図左室肥大所見の代表的な診断基準として、従来から頻用されている Sokolow-Lyon 電位 (SV<sub>1</sub> + RV<sub>5,6</sub>)<sup>1)</sup> は、特異度は高いが感度が低いとされている<sup>2,3)</sup>。特に中高年の肥満者や肺気腫の患者では、左室肥大所見を見逃しやすい。一方、Sokolow-Lyon 電位以外に Cornell Voltage (RaVL + SV<sub>3</sub>) が

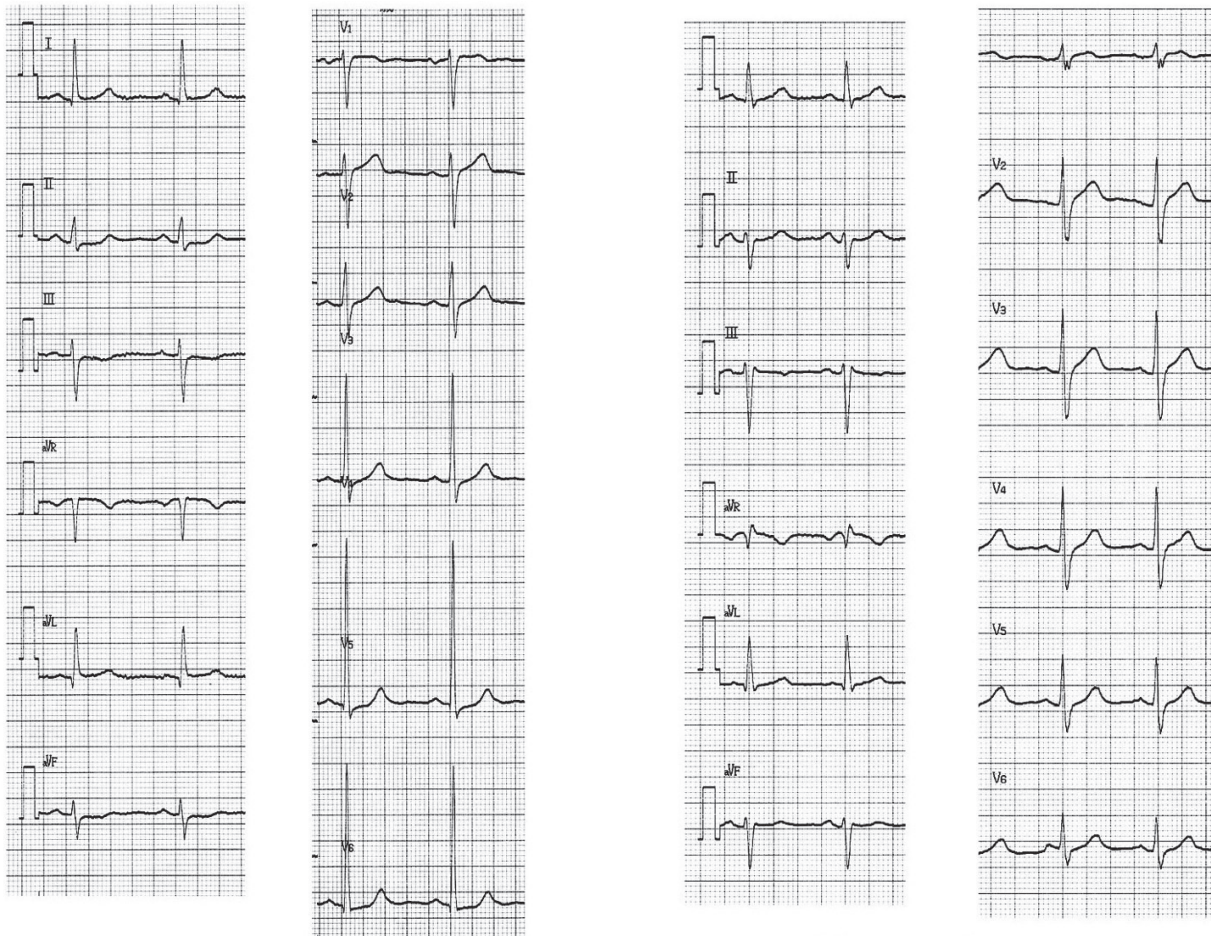
voltage criteria として知られているが、感度、特異度に大差はない<sup>4-6)</sup>。1990 年代に Cornell Product (Cornell Voltage × QRS 幅) が左室肥大の診断精度が高いという報告がみられる<sup>6-9)</sup>。この基準は 1998 年の LIFE study<sup>10)</sup> および 2003 年の ESH-ESC 高血圧管理ガイドラインで左室肥大の診断基準として採用され、本邦でも普及しつつある<sup>11)</sup>。しかし Cornell Product の明確な基準値は不明である。2003 年および 2007 年の ESH-ESC ガイドラインでは、Sokolow-Lyon 電位 > 3.8 mV あるいは Cornell Product > 2,440 mm · msec という基準が示された (ただし女性では Cornell Voltage

\* 田淵内科医院

616-8234 京都市右京区鳴滝嵯峨園町 8-5

E-mail: tabuchi-clin@kme.biglobe.ne.jp

2008 年 12 月 16 日受付, 2009 年 1 月 20 日改訂, 2009 年 1 月 23 日受理



**Fig. 1** Two patterns of electrocardiographic left ventricular hypertrophy.

(Left panel) Positive in both Sokolow-Lyon voltage ( $RV_5 + SV_1 = 4.15 \text{ mV}$ ) and Cornell Product ( $1,744 \text{ mm}\cdot\text{sec}$ ). (Right panel) Positive in Cornell Product ( $2,741 \text{ mm}\cdot\text{sec}$ ), but negative in Sokolow-Lyon voltage ( $1.45 \text{ mV}$ ). Left ventricular hypertrophy can only be diagnosed by Cornell Product in this case.

+8 mmにQRS幅を乗ずる)。ただ、この基準値は本邦人では臓器障害としての高度左室肥大を意味する。しかし軽度左室肥大でも冠動脈疾患のハイリスク群と考えられるため、早期の左室肥大診断が必要である。

そこで今回われわれは軽度左室肥大を見逃さないために、本邦人のより厳しい基準を設定すべく検討を試みた。

## 対象

対象は、同日に心電図および心エコー図検査を施行した高血圧症の患者124名。内訳は男性65例、女性59例、平均年齢は $66.3 \pm 9.1$ 歳で、心筋症、心筋梗塞後、脚ブロック、心エコー図が描出困難例は除外した。

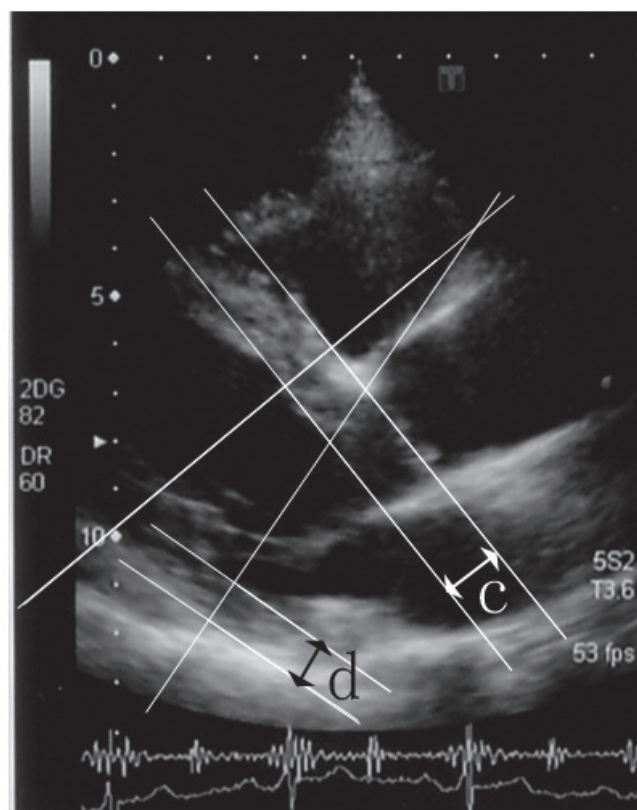
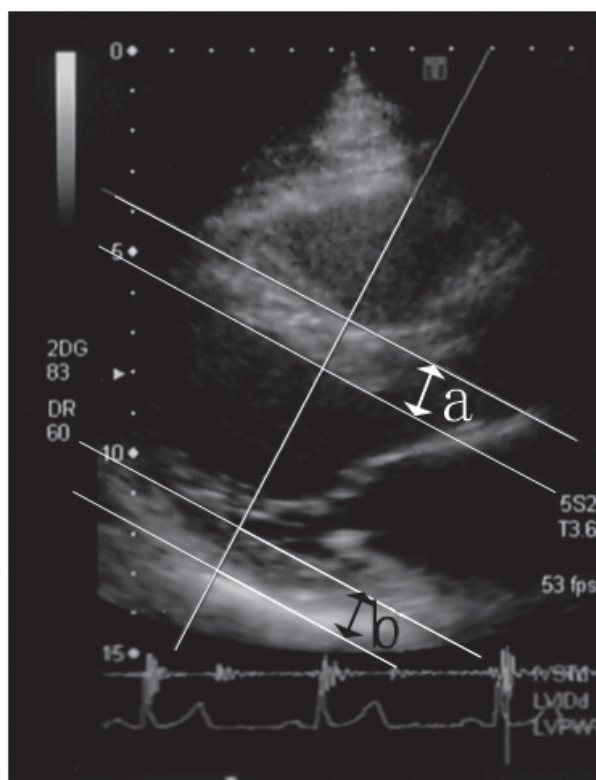
検査は原則として治療開始前に、一部の例では投薬4週間以内に検査を実施した。

## 方法

1) 心電図： $SV_1 + RV_5, 6 \geq 3.5 \text{ mV}$ 、Cornell Product  $\geq 1,700 \text{ mm}\cdot\text{msec}$ を左室肥大の基準として仮定した (**Fig. 1**)。ここでCornell ProductはCornell電位 ( $RaVL + SV_3$ )  $\times$  QRS (msec) で求めた。

さらに、Cornell Product前後値の1,600および1,800  $\text{mm}\cdot\text{msec}$ についても診断精度を検討した。

欧米では女性の場合Cornell電位は $RaVL + SV_3 + 8 \text{ mm}$ で補正しているため、女性に8 mm加算した場



**Fig. 2** Measurement of left ventricular wall thickness on echocardiogram.

(Left panel) Ordinary measurement of wall thickness. a: interventricular septum, b: left ventricular posterior wall. (Right panel) Measurement of interventricular wall thickness in a case of sigmoid septum (see text). c: thickness of interventricular septum, d: left ventricular posterior wall thickness

合についても検討した。

2) 心エコー図：Bモード左室長軸断層を用い、右室成分は除き、左室壁に対して垂直な断面で壁厚を測定した。IVS + PWが21 mm以上を左室肥大とした。S字状中隔の場合は (Fig. 2) のように中隔の軸に垂直になるように断面を設定した。使用機器は東芝製 Xarioである。

3) 感度、特異度、診断精度についての検討は、(1) RS5 + SV1, (2) Cornell Product および、(3) として (1) (2) いずれかを満足すれば陽性とする、の3通りで行った。

4) Sokolow-Lyon 電位および Cornell Product と左室心筋重量係数との相関関係について検討した。左室心筋重量 (LVM) は下記の計算式 (Penn-Cube) から求めた。

$$LVM (g) = 1.04 \{ (LVID + IVS + LVPW)^3 - LVID^3 \} - 13.6$$

5) Cornell Product 偽陰性例について、aVL の QRS パター

ン、胸部誘導の移行帯、四肢低電位の存在について検討した。

## 結果

Sokolow-Lyon 電位は感度は低い (24.3%) が特異度は高かった (98.0%)。

Cornell Product は感度 (63.5%)、特異度 (82%) であった。

(1) (2) いずれかを満たせば陽性とする、感度 (77.0%)、特異度 (82.0%) であった。

診断精度は (1) が 54.0%、(2) が 71.0%、(3) が 79.0% であった (Table 1)。

また Cornell Product は 1,700 を境界値とした時が最も診断精度が高かった (Table 2)。

Cornell Product 偽陰性例は 26 例中、aVL が QS パターンが 4 例、r 波が低電位 11 例、胸部誘導の移行帯が V2.3 が 17



**Table 1** Sensitivity, specificity and correct diagnosis.

	(1) Sokolow-Lyon voltage	(2) Cornell product	(3) Sokolow-Lyon and/or Cornell product
True positive	18	47	57
False positive	1	9	9
True negative	49	41	41
False negative	56	27	17
Total	124	124	124
Sensitivity	18/74 24.3%	47/74 63.5%	57/74 77.0%
Specificity	49/50 98.0%	41/50 82.0%	41/50 82.0%
Correct diagnosis	67/124 54.0%	88/124 71.0%	98/124 79.0%

**Table 2** Cutoff of Cornell product and correct diagnosis.

Cornell product level	1,600	1,700	1,800
Sensitivity	78.3%	77.0%	67.6%
Specificity	70.0%	82.0%	88.0%
Correct diagnosis	75.0%	79.0%	75.8%

例, 四肢誘導低電位が3例であった。

Sokolow-Lyon電位と左室心筋重量係数との相関関係およびCornell Productと左室心筋重量係数との相関関係はFig. 3に示した。前者は相関係数 $r = 0.407$ , 後者は $r = 0.444$ で緩い正の相関を示した。

Sokolow-Lyon電位とCornell Productいずれも最高値であった例をFig. 4に示す。本例は66歳男性で長年放置された高血圧性心疾患例である。

また欧米の方式にならってCornell電位に女性例では8 mmを加算すると, Cornell Productは偽陽性が9例から27例に増加し, 感度70.3%, 特異度46.0%, 診断精度60.5%であった。Sokolow-Lyon電位とCornell Productのいずれか満たせば陽性という基準では, 感度79.7%, 特異度46.0%, 診断精度66.1%で, Cornell電位に女性で8 mm加算しない方が, 診断精度が高かった。これらの2通りのCornell Productを用いた場合の分布をFig. 5 (性差の補正

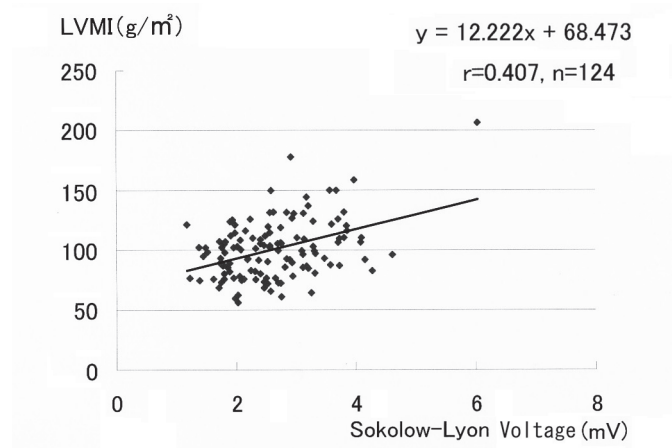
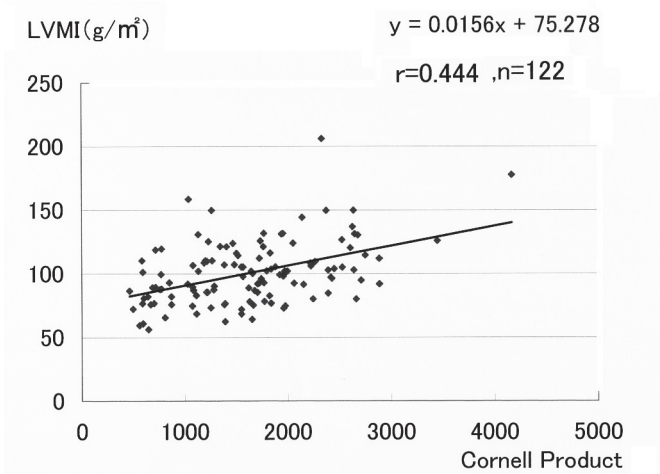
なし), Fig. 6 (性差補正あり) に示した。

## 考 察

心電図左室肥大所見の診断基準としてSokolow-Lyon電位<sup>1)</sup>が最も広く使用されているが, 高血圧症患者に多い中高年齢者では偽陰性が多い。文献によると, 感度21-36%, 特異度86-100%, 診断精度54-65%程度である<sup>2-4)</sup>。Cornell電位 (RaVL + SV<sub>3</sub> > 2.8 mV : 男性, > 2.0 mV : 女性) も広く用いられたが, 感度22-42%, 特異度95-96%程度である<sup>4-6)</sup>。

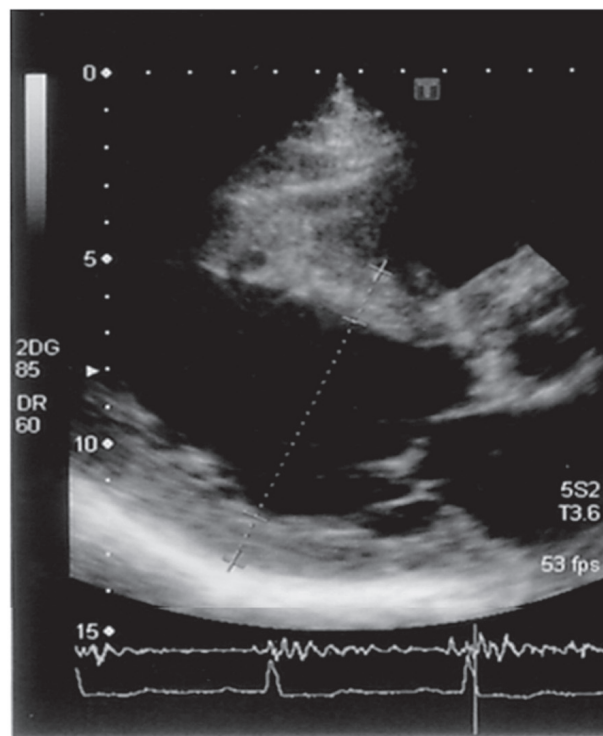
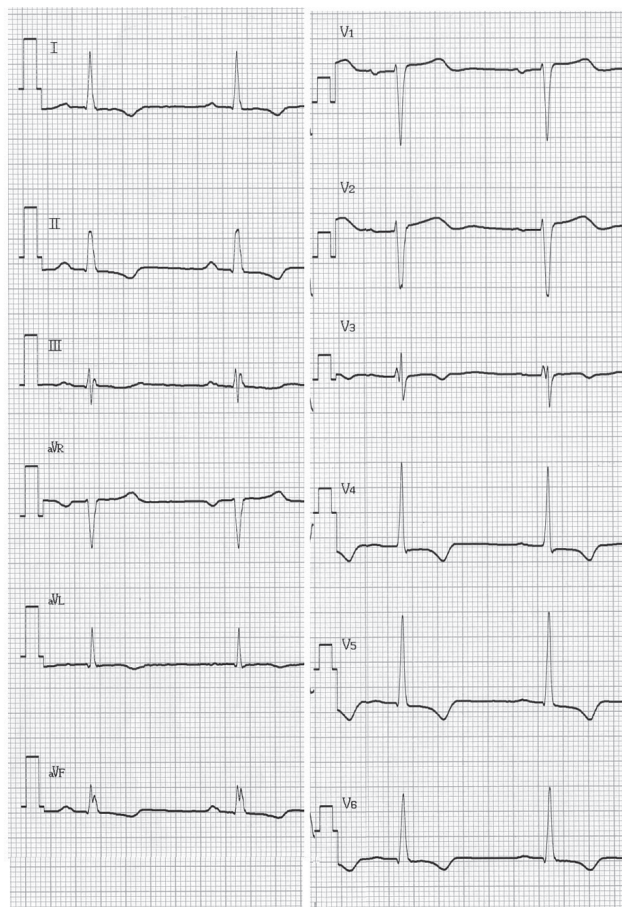
左室肥大の診断にVoltage Criteriaのみでなく, Pattern Criteriaも考慮することはもちろん必要である<sup>2,12,13)</sup>。そのため, scoring systemも考えられた<sup>14-17)</sup>が簡便ではない。Rohmitらのscoring systemでは感度48-57%, 特異度81-85%であった<sup>14,15)</sup>。

1990年代にCornell電位にQRS幅を乗じたCornell Product



**Fig. 3** Correlation between Sokolow-Lyon voltage and left ventricular mass volume index (left panel) and correlation Cornell Product and left ventricular mass volume index (right panel).

Two cases with 0 mm of Cornell voltage were excluded out of 124 patients in right panel.



**Fig. 4** Electrocardiogram and echocardiogram in a 66-year-old man with untreated hypertension for many years.

Electrocardiogram reveals marked left ventricular hypertrophy with strain pattern (6.46 mV in Sokolow-Lyon voltage and 2,204 mm · sec in Cornell Product). Echocardiogram reveals marked eccentric hypertrophy with aortic valve stenosis and regurgitation. IVST 15.4 mm, PWT 13.2 mm, LVDd 57.8 mm, LVDs 46.0 mm, LVMI 227  $\text{g}/\text{m}^2$ .

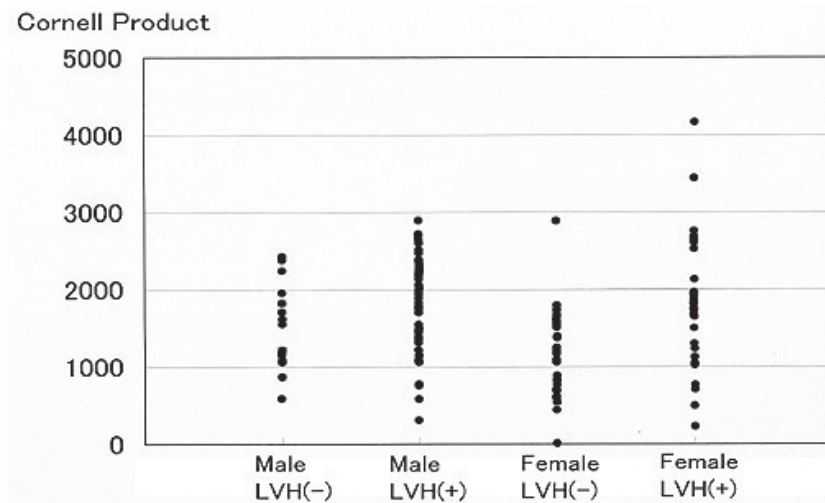


Fig. 5 Scatter chart of Cornell Product without gender adjustment. A consistency was found in distribution of Cornell Product between genders.

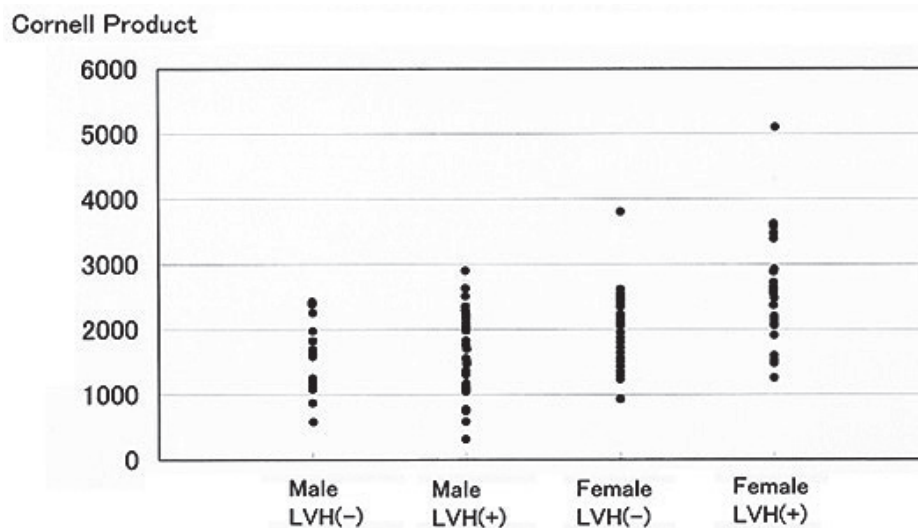


Fig. 6 Scatter chart of Cornell Product with gender adjustment (with adjustment of 8 mm added to Cornell voltage in women). The baseline of Cornell Product of female group shifted upward and pseudo-positive cases increased remarkably, and a consistency was lost between genders.

が感度、診断精度とも優れていることが示された<sup>6-9)</sup>。2003年以後ESH-ESCガイドラインにも採用された。ESH-ESCガイドラインでは、Sokolow-Lyon電位  $> 3.8$  mVかつ、またはCornell Product  $> 2,440$  mm・msecという基準が示された。しかしこの基準では特異度は高いが感度が低すぎる。治療中の患者で感度25%、特異度95%という報告である<sup>19)</sup>。

われわれは、Sokolow-Lyon電位  $> 3.5$  mVあるいはCornell Product  $> 1,700$  mm・msecという基準を用いて、感度77.0%、

特異度82%、診断精度79%で、軽症左室肥大を含めて診断上有用であることを示した。自明のことながら、カットオフ値を低く取れば感度はよくなるが特異度が低下する。本研究では1,700をCornell Productのカットオフ値にすると診断精度が最も高かった。

欧米では、Cornell電位に女性例では8 mmを加算して性差を調整している<sup>5,8,9,10,18)</sup>が、われわれの解析では女性例に8 mm加算すると、Cornell Productに偽陽性が多すぎて、男



性例との整合性が失われた (Fig. 5, 6). 従って本邦人には女性のCornell電位に8 mm加算するのは適さないと考えられた。

最近の高血圧治療による左室肥大の退縮に関する研究では、左室心筋重量係数を左室肥大の指標に用いることが多い。ただ、本邦人の心筋重量係数の基準値が一定しないことと、肥満者で左室肥大を過小評価することになるので、本研究では視覚的に(直感的に)認識しやすい左室壁厚を指標に用いた。

心エコー図で求めた左室心筋重量は、剖検で求めたものとよい相関 ( $r = 0.90 - 0.92$ ) を示すことが知られており<sup>19)</sup>、常用されている<sup>21-23,25)</sup>。Sokolow-Lyon電位と左室心筋重量係数との相関係数は大体  $r = 0.36 - 0.45$  であり<sup>2,20)</sup>、われわれの結果とほぼ一致する。

左室心筋重量係数とSokolow-Lyon電位およびCornell Productとの相関は、弱い正の相関しか示さないのは下記の理由により理解が可能である。皮下脂肪や胸郭の厚さ、肺の張り出し、心膜の脂肪蓄積などによって、電位は当然変化する。さらに、心筋重量は左室を回転楕円体として計算するが、S字状中隔の場合は誤差がさらに大きくなると考えられる。ただCornell Productの方が、QRS幅が加味される分、相関はよくなると考えられる。

心電図左室肥大所見 (Sokolow-Lyon電位, Cornell電位) と心エコー図上の左室肥大の退縮とが必ずしも平行して改善するとはかぎらない。このことはいずれの電位も解剖学的な左室肥大のみならず、心筋細胞の電気的特性が血圧による左室の負荷状態や降圧薬により影響を受けるためと考えられる<sup>23)</sup>。文献では特にレニン-アンジオテンシン系 (RAA系) 抑制薬により、左室心筋重量が退縮し、それに比例して心電図左室肥大も改善すると報告されている<sup>23,24,26)</sup>が、いずれも6カ月、12カ月、18カ月という期間で観察しており、もっと短期的には心筋重量の退縮に先立って、心電図が改善する可能性もあると思われる。その場合は、心電図の偽陰性例が増加する可能性がある。

Cornell Productの偽陰性例は、aVLがQSパターンまたはR波が小さい例、胸部誘導の移行帯がV2,3の例に多くみられた。したがって、このような例はCornell Productを用いて左室肥大を評価するには不適であると考えられた。

左室肥大の診断に、左側胸部誘導でのT波の異常<sup>12,13)</sup>(再分極の異常) および深いseptal q波、wide QRS、V1での陰性P波 (P terminal force; Morris Index)<sup>14,15)</sup> など考慮す

ればさらに診断精度は改善すると考えられる。

なお心電計の自動解析について、現在Sokolow-Lyon電位はそれが可能であるが、Cornell Productも自動解析がなされるべきであるとわれわれは考えている。

## 文 献

- 1) Sokolow M, Lyon TP. The ventricular complex in left hypertrophy as obtained by unipolar precordial and limb leads. *Am Heart J* 1949; 37: 161-186.
- 2) Reichek N, Devereux RB. Left ventricular hypertrophy: Relationship of anatomic, echocardiographic and electrocardiographic findings. *Circulation* 1981; 63: 1391-1398.
- 3) Richard B, Devereux B, Casale PN, Eisenberg RR, Miller DH, Kligfield P. Electrocardiographic detection of left ventricular hypertrophy using echocardiographic determination of left ventricular mass as the reference standard. *J Am Coll Cardiol* 1984; 3: 82-87.
- 4) Casale PN, Devereux RB, Kligfield P, Eisenberg RR, Miller DH, Chaudhary BS, Phillips MC. Electrocardiographic detection of left ventricular hypertrophy: development and prospective validation of improved criteria. *J Am Coll Cardiol* 1985; 6: 572-580.
- 5) Casale PN, Devereux RB, Alonso DR, Campo E, Kligfield P. Improved sex-specific criteria of left ventricular hypertrophy for clinical and computer interpretation of electrocardiograms: validation with autopsy findings. *Circulation* 1987; 75: 565-572.
- 6) Schillaci G, Verdecchia P, Borgioni C, Ciucci A, Guerrieri M, Zampi I, Battistelli M, Bartocchini C, Porcellati C. Improved electrocardiographic diagnosis of left ventricular hypertrophy. *Am J Cardiol* 1994; 74: 714-719.
- 7) Devereux RB, Bella J, Boman K, Gerds E, Nieminen MS, Rokkedal J, Papademetriou V, Wachtell K, Wright J, Paranicas M, Okin PM, Roman MJ, Smith G, Dahlof G. Echocardiographic left ventricular geometry in hypertensive patients with electrocardiographic left ventricular hypertrophy: The LIFE Study Blood Press 2001; 10: 74-82.
- 8) Okin PM, Roman MJ, Devereux RB, Kligfield P. Electrocardiographic identification of increased left ventricular mass by single volume-duration products. *J Am Coll Cardiol* 1995; 25: 417-423.
- 9) Okin PM, Roman MJ, Devereux RB, Kligfield P. Electrocardiographic identification of left ventricular hypertrophy: Test performance in relation to definition of hypertrophy and presence of obesity. *J Am Coll Cardiol* 1996; 27: 124-131.
- 10) Dahlof B, Devereux RB, Julius S, Kjeldson SE, Beevers g, Faire U, Fyhrquist F, Hedner T, Ibsen H, Kristianson K, Pedersen OL, Lindholm LH. Characteristics of 9194 patients with left ventricular hypertrophy: the LIFE study. *Hypertension* 1998; 32: 989-997.
- 11) 白井徹郎, 笠尾昌史, 野崎みほ, 新田宗也. 高血圧例におけ

- る Cornell Product 測定の臨床的意義—血圧値の影響に関する検討. 日本内科学会雑誌 2006; 95: 140.
- 12) Devereux RB, Reichek N. Repolarization abnormalities of left ventricular hypertrophy. Clinical, echocardiographic and hemodynamic correlates. *J Electrocardiol* 1982; 15: 47-54.
  - 13) Levy D, Salomon M, D' Agostino RB, Belanger AJ, Kannel WB. Prognostic implications of baseline electrocardiographic features and their serial changes in subjects with left ventricular hypertrophy. *Circulation* 1994; 90: 1786-1793.
  - 14) Romhilt DW, Estes EH. A point-score system for the ECG diagnosis of left ventricular hypertrophy. *Am Heart J* 1968; 75: 752-758.
  - 15) Romhilt DW, Bove KE, Norris RJ, Conyers E., Condra S, Rowlands DT. A critical appraisal of the electrocardiographic criteria for the diagnosis of left ventricular hypertrophy. *Circulation* 1969; 40: 185-196.
  - 16) MacFarlane PW, Chen CY, Boyce B, Fraser RS. Scoring technique for diagnosis of ventricular hypertrophy from three orthogonal lead electrocardiogram. *Br Heart J* 1981; 45: 402-410.
  - 17) Kansal S, Roitman DI, Sheffield LT. A quantitative relationship of electrocardiographic criteria of left ventricular hypertrophy with echocardiographic left ventricular mass: A multivariate approach. *Clin Cardiol* 1983; 6: 456-663.
  - 18) Dahlöf B, Devereux RB, Kjeldson SE, Julius S, Beevers G, Fair U, Frhrquist F, Ibsen H, Kristiansson K, Pederson OL, Lindholm LH, Nieminen MS, Omvik P, Oparil S, Wedel H. Cardiovascular morbidity and mortality in the Losartan intervention for endpoint reduction in hypertension study (LIFE): a randomized trial against atenolol. *Lancet* 2002; 359: 995-1003.
  - 19) Devereux RB, Alonso DR, Lutas EM, Gottlieb GJ, Campo E, Sachs I, Reichek N. Echocardiographic assessment of left ventricular hypertrophy: comparison to necropsy findings. *Am J Cardiol* 1986; 57: 450-458.
  - 20) Woythaler JN, Singer SL, Kwan OL, Meltzer RS, Reubner B, Bommer W, DeMaria A. Accuracy of echocardiography versus electrocardiography in detecting left ventricular hypertrophy: Comparison with postmortem mass measurement. *J Am Coll Cardiol* 1983; 2: 305-311.
  - 21) Levy D, Garrison RJ, Savage DD, Kannel WB, Castelli WP. Prognostic implications of echocardiographically determined left ventricular mass in the Framingham heart study. *N Engl J Med* 1990; 322: 1561-1566.
  - 22) Devereux RB, Palmieri V, Liu JE, Wachtell K, Bella JN, Boman C, Gerds E, Nieminen MS. Progressive hypertrophy regression with sustained pressure reduction in hypertension. the Rosartan intervention for endpoint reduction study. *J Hypertens* 2002; 20: 1445-1450.
  - 23) Schneider MP, Klingbeil AU, Delles C, Ludwig M, Kolloch RE, Krecler M, Stumpe KO, Schmieder RE. Effect of irbesartan versus atenolol on left ventricular mass and voltage: results of the cardiovascular irbesartan project. *Hypertension* 2004; 44: 61-66.
  - 24) Okin PM, Devereux RB, Jern S, Kjeldson SE, Julius S, Nieminen MS, Snappin S, Harris KE, Aurup P, Edelman JM, Dahlöf B. Regression of electrocardiographic left ventricular hypertrophy by losartan versus atenolol: LIFE Study. *Circulation* 2003; 108: 684-690.
  - 25) Devereux RB, Dahlöf B, Gerdt E, Boman K, Nieminen MS, Papademetriou V, Rokkedal J, Harris KE, Edelman JM, Wachtell K. Regression of hypertensive left ventricular hypertrophy by losartan compared with atenolol: LIFE Study. *Circulation* 2004; 110: 1456-1462.
  - 26) Havranek EP, Esler A, Estatio RO, Mehler PS, Schrier RW. Differential effects of antihypertensive agents on electrocardiographic voltage: Results from the Appropriate Blood Pressure Control in Diabetes (ABCD) trial. *Am Heart J* 2003; 145: 993-988