

狭心症発作時にみられる陰性U波の意義：冠動脈狭窄度、罹患部位ならびに予後との関連

Significance of negative U-waves during anginal attacks: Correlation with severity, location and prognosis of coronary stenosis

長谷川浩一
沢山 俊民
鼠尾 祥三
井上 省三
覚前 哲
中村 節
和田 佳文
忠岡信一郎
田中 淳二

Kohichi HASEGAWA
Toshitami SAWAYAMA
Shohso NEZUO
Shohzo INOUE
Satoshi KAKUMAE
Takashi NAKAMURA
Yoshifumi WADA
Shin-ichiro TADAOKA
Junji TANAKA

Summary

Negative U-waves (NU) are not infrequently observed during anginal attacks. Correlations of prevalence of NU and coronary arteriographic findings were observed in 84 patients whose 12-lead electrocardiograms were obtained during anginal attacks. The left anterior descending coronary artery (LAD) was involved in 27 patients, the left circumflex artery (LCX) in 23 and the right coronary artery (RCA) in 34.

NU were observed in 44 (52%) of 84 patients with angina; 17 (63%) with LAD, 13 (57%) with LCX, and 14 (41%) with RCA stenosis. The majority (91%) of patients with angina-induced NU had severe ($\geq 90\%$) coronary stenosis.

In the patient group with LAD stenosis, NU were most frequently observed in V_4 (59%) $> V_5$ (56%) $> V_6$ (37%) $> V_3$ (33%), while more frequent in V_6 (52%) $> V_5$ (48%) in the group with LCX stenosis, and in III (29%) $> aVF$ (24%) $> V_6$ (21%) in the group with RCA stenosis. Thus, the location of the stenosed vessel could be predicted electrocardiographically from the sites of the NU.

Coronary revascularization was performed in 10 patients (59%) with LAD stenosis, in nine (69%) with LCX stenosis and in eight (57%) with RCA stenosis. Both anginal attacks and NU resolved after successful coronary revascularization.

We concluded that NU proves a highly predictive parameter for detecting and locating significant

川崎医科大学 内科循環器部門
倉敷市松島 577 (〒701-01)

Division of Cardiology, Department of Medicine,
Kawasaki Medical School, Matsushima 577, Kura-
shiki 701-01

Received for publication August 8, 1989; accepted November 7, 1989 (Ref. No. 35-PS41)

coronary artery stenosis.

Key words

Negative U-wave

Anginal attack

Coronary arteriography

はじめに

狭心症発作時の心電図所見として、虚血性 ST 偏位のみならず、陰性 U 波が出現することが知られている¹⁻⁸⁾。近年、陰性 U 波は狭心症の罹患冠動脈枝、とくに左前下行枝 (LAD) 近位部狭窄に特異性が高い所見として注目されたが⁴⁾、LAD 狭窄にのみ特有の所見とは限らない⁵⁻⁸⁾。

今回我々は、狭心症における罹患冠動脈枝と、12 誘導心電図上の陰性 U 波出現誘導部位との関連を明らかにしようと試みた。

対象および方法

1. 対象

自発ないし運動負荷誘発狭心症発作時の 12 誘導心電図記録が得られ、かつ冠動脈造影で一枝以上に 75% 以上の狭窄を認めた連続 84 (男性 71, 女性 13) 例で、年齢は 34~72 (平均 57.6) 歳である。このうち三枝病変例は 14 例、二枝病変例は 26 例、一枝病変例は 44 例である。最高度冠狭窄枝別の分類では、LAD 狭窄 27 例、左回旋枝 (LCX) 狭窄 23 (うち seg. 11 狭窄 11, seg. 13 狭窄 12) 例、および右冠動脈 (RCA) 狭窄 34 例である。一枝病変例のみについては、LAD 狭窄 15 例、LCX 狭窄 7 (うち seg. 11 狭窄 3, seg. 13 狭窄 4) 例、RCA 狭窄 22 例である。

また本対象中 90% 以上の高度冠狭窄は、LAD 狭窄例の 78% (一枝例中 73%)、LCX 狭窄例の 74% (一枝例中 71%) および RCA 狭窄例の 85% (一枝例中 77%) を占めた。

著明な ST 上昇を示す狭心症、陳旧性心筋梗塞、脚ブロック、WPW 症候群、心房細動などの合併例、およびジギタリスや class Ia 抗不整脈薬投与例は除外した。

2. 運動負荷試験

運動負荷は原則としてマスター 2 重 2 段階法にて行い、運動前、終了直後および 3 分後に 12 誘導心電図を記録した。トレッドミル法あるいはエルゴメーター法施行例では、負荷前後のみならず、負荷中および回復期にも 2 分ごとに心電図を記録した。

陰性 U 波の基準は、 aV_R を除くいずれかの誘導で、T 波の終末と次拍の P 波の間の平坦部 (基線) に対し、3 心拍以上連続して明確に存在する下向きの「ふれ」とした。

3. 検討項目

罹患冠動脈枝と、1) 陰性 U 波出現率および冠狭窄度、2) 陰性 U 波出現誘導部位との関連、および 3) 陰性 U 波出現例の予後について検討した。

成績

1. 罹患冠動脈枝と陰性 U 波出現率および冠狭窄度との関連

陰性 U 波は 84 例中 44 例 (52%) に出現し、罹患冠動脈枝別では LAD 狭窄 27 例中 17 例 (63%)、LCX 狭窄 23 例中 13 例 (57%)、RCA 狭窄 34 例中 14 例 (41%) に出現した (Fig. 1)。一枝病変例における陰性 U 波出現率は、LAD 狭窄 15 例中 10 例 (67%)、LCX 狭窄 7 例中 3 例 (43%)、RCA 狭窄 22 例中 6 例 (27%) であった。

一方、陰性 U 波出現中の高度冠狭窄 ($\geq 90\%$) 例の頻度は、LAD 狭窄 17 例中 14 例 (82%)、LCX 狭窄 13 例中 12 例 (92%)、RCA 狭窄 14 例中 14 例 (100%) であった (Fig. 1)。

2. 罹患冠動脈枝と陰性 U 波出現誘導部位との関連

LAD 狭窄 27 例中、陰性 U 波は V_4 で 16 件 (59%) と最も多く、以下 V_5 (15 件, 56%) $>$ V_6 (10 件, 37%) $>$ V_3 (9 件, 33%) の順で、前胸部

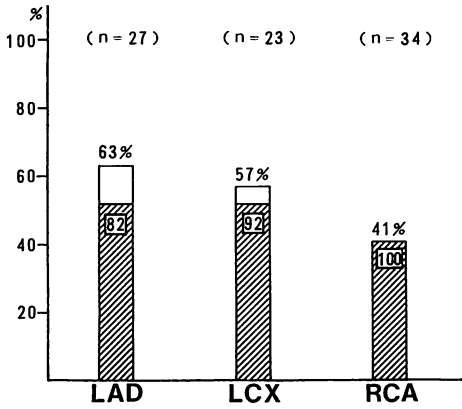


Fig. 1. Prevalence of ischemia-induced negative U-waves in patients with angina pectoris in relation to the location and degree of coronary stenosis.

LAD=left anterior descending coronary artery; LCX=left circumflex artery; RCA=right coronary artery. Shaded columns indicate severe stenosis ($\geq 90\%$).

誘導に広範に出現した (Fig. 2A). LCX 狭窄 23 例では V_6 で 12 件 (52%), V_5 で 11 件 (48%) と、左側胸部誘導に高率に出現し (Fig. 2B), また

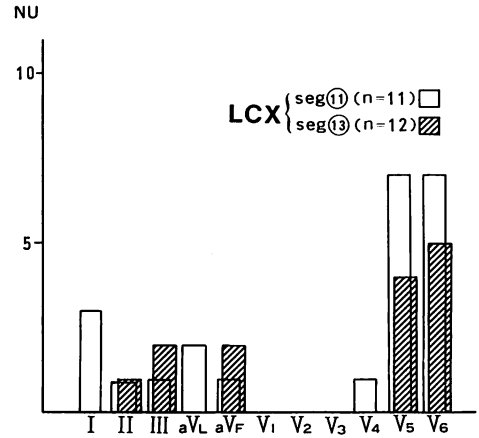


Fig. 3. Electrocardiographic sites of the negative U-waves in 11 patients with proximal (seg. 11) and 12 with distal (seg. 13) left circumflex stenosis.

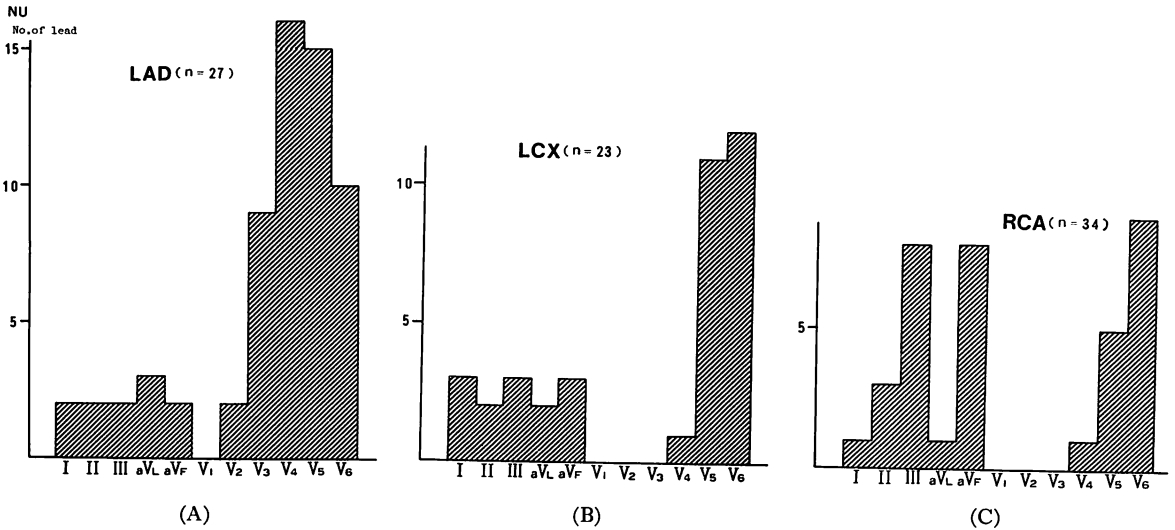


Fig. 2. Electrocardiographic sites of ischemia-induced negative U-waves (NU).

(A) 27 patients with left anterior descending artery stenosis. (B) 23 patients with left circumflex artery stenosis. (C) 34 patients with right coronary artery stenosis.

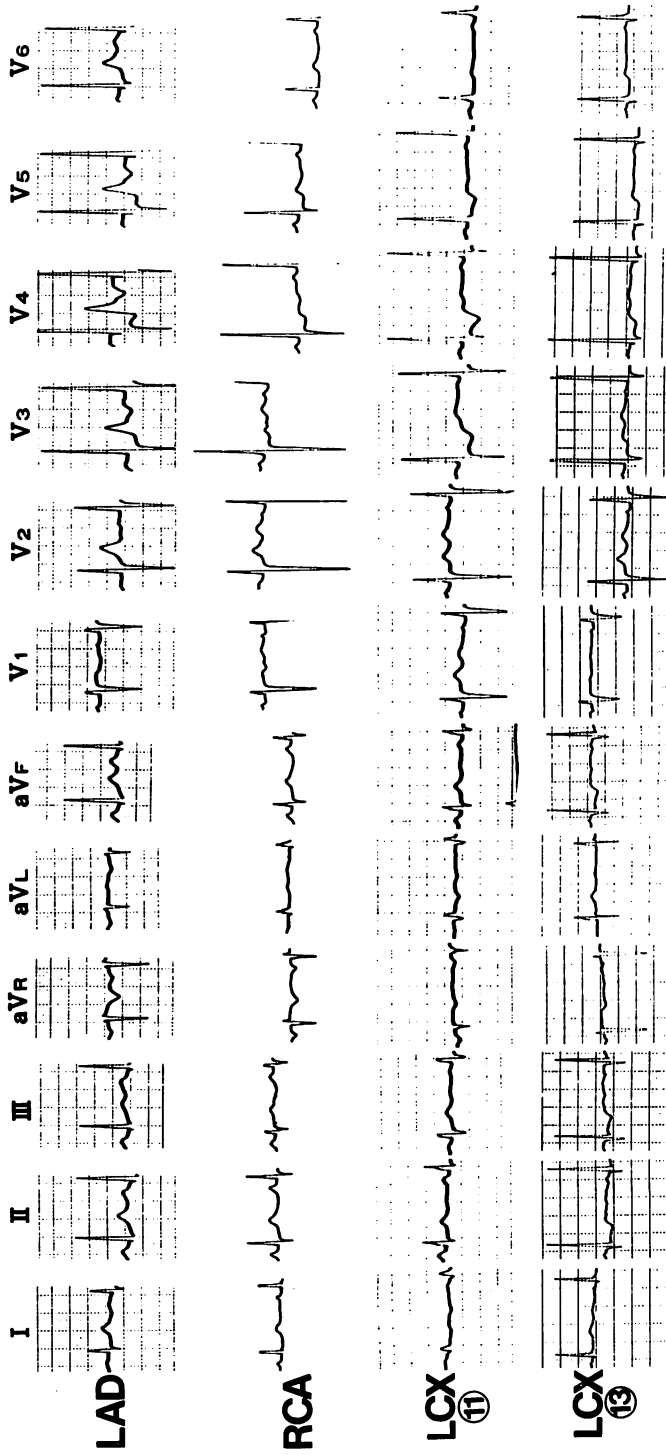


Fig. 4. Representative 12-lead electrocardiograms during anginal attack, showing ischemia-induced negative U-waves in patients with LAD, RCA and LCX (segs. 11, 13) stenoses.

Abbreviations: see Fig. 1.

RCA 狭窄 34 例では III で 10 件 (29%), aV_F で 8 件 (24%), V₆ で 7 件 (21%)¹⁾に出現した (Fig. 2C). すなわち陰性 U 波は, LAD 狭窄例では中部胸部誘導 (V₃, V₄) に, RCA 狭窄例では下壁誘導 (III, aV_F) と V₆ に, LCX 狭窄例では左側胸部誘導 (V₆, V₅) にそれぞれ比較的多く出現した.

LCX の狭窄部位 (seg.) 別に陰性 U 波出現誘導部位を対比すると (Fig. 3), seg. 11 狭窄 11 例中, V₆, V₅ でともに 7 件 (64%), seg. 13 狭窄 12 例中, V₆ で 5 件 (42%) と V₅ で 4 件 (33%) に出現し, 次いで前者では I (3 件, 27%), aV_L (2 件, 18%) に, 後者では III, aV_F (各 2 件, 17%) に出現した (Fig. 4).

以上の成績より, 狭心症発作時の陰性 U 波出現誘導部位から, 罹患冠動脈枝をある程度推定し得ることが示された.

3. 陰性 U 波出現例の予後

LAD 狭窄 17 例中 1 例は急性心筋梗塞で死亡し, 10 例 (59%) が AC バイパス術ないし経皮的冠動脈拡張術を受けた. LCX 狭窄 13 例中の 2 例と RCA 狭窄 14 例中 1 例が死亡した. また前者の 9 例 (69%) および後者の 8 例 (57%) が血行再建術を受けた. 血行再建術後には狭心症発作は消失し, 陰性 U 波はみられなくなった.

考 按

狭心症の心電図診断上, 虚血性 ST 下降の診断感度 (sensitivity) は高いが, ST 下降は罹患冠動脈にかかわらず, 左側胸部誘導に高率に出現する傾向があるため, ST 下降の誘導部位から罹患冠動脈枝を推定することは困難である. 一方, 狭心症にみられる陰性 U 波は, 心筋虚血に特異性 (specificity) が高く, ことに LAD 近位部狭窄の指標として注目されたが⁴⁾, LAD 狭窄に特有な所見ではないことが実証された^{5~9)}.

1. 狭心症における陰性 U 波出現率および冠狭窄度との関連

狭心症患者の陰性 U 波出現率は, 運動負荷で

は 21~36% で^{4~9)}, 異型狭心症発作時には 75% にもものぼるが¹⁰⁾, この頻度は対象の違いにより変動し得る. 今回の研究における頻度は, 自発あるいは運動負荷誘発狭心症発作時の心電図記録が得られた 84 例を対象としたため, 52% と高率であった.

冠狭窄度については, 90% 以上の高度冠狭窄が LAD 狭窄の 78%, LCX 狭窄の 74%, RCA 狭窄の 85% を占め, 罹患枝別の狭窄度には差を認めなかったが, 陰性 U 波は LAD 狭窄例の 63% (一枝例の 67%), LCX 狭窄例の 57% (一枝例の 43%) および RCA 狭窄例の 41% (一枝例の 27%) の順に多かった. このことは, LAD 領域は冠灌流域が最大で, 前胸部誘導に近接するため, 虚血が最も検出され易いものと解されるが, 陰性 U 波は LCX および RCA 狭窄においても少なからず出現し得ることを示している.

一方, 陰性 U 波出現例中, 高度冠狭窄 (≥90%) は, LAD 狭窄の 82%, LCX 狭窄の 92% および RCA 狭窄の 100% にみられたことから, 陰性 U 波は高度冠狭窄病変の指標であるとも考えられる.

2. 罹患冠動脈枝と陰性 U 波出現誘導部位との関連

ST 上昇は貫壁性心筋虚血の心電図徴候であり, 虚血領域の局在判定に最も有用な指標であるが, ST 下降は, 心内膜下虚血の徴候であるため, 心筋虚血局在判定指標としては限界がある. 一方陰性 U 波は, 異型狭心症例で発作時に ST 上昇を示す直前あるいは回復期に高率に検出され¹⁰⁾, イヌで冠動脈結紮時には最大 ST 上昇周辺部で高率に記録される¹¹⁾. したがって陰性 U 波は, ST 上昇出現誘導部位とは合致しないまでも, それと極めて近縁の誘導に出現するものと解される. 臨床例においても LAD 閉塞時には ST 上昇は, 普通, V₁₋₄ に顕著であるが, 今回の陰性 U 波は V₂₋₆ に広範に出現した.

先の我々の検討では, RCA 閉塞時には ST 上昇が III, aV_F, II の順に高率に出現し, V₆ では低率であったが¹²⁾, 今回の検討では陰性 U 波が

III, aV_F , V_6 にほぼ均等に出現した. 同様に LCX 閉塞時には, ST 上昇が seg. 13 閉塞の際に III, aV_F , II に, seg. 11 閉塞では aV_L , I にそれぞれ高率に出現したが¹²⁾, 今回陰性 U 波は $V_{5,6}$ とともに高率に出現し, ついで前者では III, aV_F に, 後者では aV_L , I にそれぞれ出現する傾向があった.

したがって陰性 U 波は, 冠灌流域にほぼ一致する準貫壁性虚血(高度心筋虚血)の指標と考えられ, この点に留意すれば, 陰性 U 波出現誘導部位から狭心症の罹患冠動脈枝をある程度推察し得るものと思われた.

3. 陰性 U 波出現例の予後と対応

虚血性 ST 上昇は, 貫壁性心筋虚血の所見であるため, 迅速な対応を要することはいうまでもないが, ST 上昇による狭心症診断の感度は低い. 逆に, 虚血性 ST 下降は, 狭心症診断の感度が高い反面, その重症度および虚血の局在判定能は高いとはいえない. 一方, 陰性 U 波は, 不安定狭心症・切迫心筋梗塞例に高率に出現し¹³⁾, 今回の検討でも高度冠狭窄例が大多数を占めた. また陰性 U 波出現例のうち, LAD 狭窄の 1 例, LCX 狭窄の 2 例および RCA 狭窄の 1 例が死亡し, 57~69% の例に血行再建術が施されたことから, 陰性 U 波出現例では ST 上昇例と同様に, 血行再建を含む迅速な対応が望まれる. しかも陰性 U 波は, ST 下降よりは診断感度が低いものの, isolated U-wave inversion としても出現し得るため, 極めて重要な心電図指標とみなされる.

陰性 U 波は頻脈時には次拍の P 波に近接し, 識別が困難になる欠点はあるが, 狭心症の診断, 重症度, 局在判定において陰性 U 波の出現誘導部位を検討することは, 臨床的に重要な指針を与えるものとなろう.

結 語

狭心症発作時の 12 誘導心電図が記録され, 冠動脈造影上一枝以上に 75% 以上の狭窄を認めた 84 例を対象として, 陰性 U 波につき検討を行った.

1 陰性 U 波は LAD 狭窄の 63%, LCX 狭窄の 57%, RCA 狭窄の 41% に出現した.

2 陰性 U 波出現例中, 90% 以上の高度冠狭窄は LAD 狭窄の 82%, LCX 狭窄の 92%, RCA 狭窄の 100% と高率であった.

3 陰性 U 波は, LAD 狭窄では $V_4 > V_5 > V_6 > V_3$, LCX 狭窄では $V_6 > V_5$, RCA 狭窄では III $> aV_F > V_6$ の順に出現した.

4 陰性 U 波出現例には予後不良例が少なくないため, 血行再建を含む迅速な対応が必要と思われた.

要 約

陰性 U 波は, 狭心症発作時に稀ならず出現する. 今回, 発作時の 12 誘導心電図記録が得られた狭心症 84 例, うち前下行枝 (LAD) 狭窄 27 例, 回旋枝 (LCX) 狭窄 23 例および右冠動脈 (RCA) 狭窄 34 例, を対象として, 陰性 U 波の出現率と冠動脈造影所見との関連を調査した. 陰性 U 波は 44 例 (52%) に出現し, 罹患枝別では LAD 狭窄の 17 例 (63%), LCX 狭窄の 13 例 (57%), RCA 狭窄の 14 例 (41%) にみられた. また陰性 U 波出現例中 90% 以上の高度冠狭窄例が 91% を占めた.

罹患枝と陰性 U 波出現誘導部位との関連をみると, 陰性 U 波は, LAD 狭窄例では $V_4(59%) > V_5(56%) > V_6(37%) > V_3(33%)$ の順に高率に出現し, LCX 狭窄例では $V_6(52%) > V_5(48%)$ に, RCA 狭窄例では III (29%) $> aV_F(24%) > V_6(21%)$ に出現した. したがって陰性 U 波出現誘導部位から罹患冠動脈枝を予測し得る成績が示された.

陰性 U 波出現例中, 血行再建が LAD 狭窄の 10 例 (59%), LCX 狭窄の 9 例 (69%), RCA 狭窄の 8 例 (57%) に施行され, 以後狭心症発作の消失とともに陰性 U 波は出現しなくなった.

陰性 U 波は, 重症冠動脈疾患の判定のみならず, 罹患冠狭窄枝の予測にも有用な心電図指標と考えられた.

文 献

- 1) Palmer JH: U wave inversion. *Br Heart J* **10**: 247-251, 1948
- 2) Papp C: U wave in coronary disease. *Circulation* **15**: 105-110, 1957
- 3) Lepschkin E, Surawicz B: Characteristics of true-positive and false-positive results of electrocardiographic Master two-step exercise tests. *N Engl J Med* **258**: 511-515, 1958
- 4) Gerson MC, Phillips JF, Morris SN, McHenry PL: Exercise-induced U-wave inversion as a marker of stenosis of the left anterior descending coronary artery. *Circulation* **60**: 1014-1020, 1979
- 5) 戸山靖一, 鈴木恵子, 前田泰治, 藤本 淳: 運動負荷試験と U 波. *呼と循* **29**: 1169-1174, 1981
- 6) 都築雅人, 志貴一仁, 河合直樹, 近藤照夫, 山内一信, 横田充弘, 林 博史, 外畑 巖: 労作狭心症における運動誘発 U 波陰転の臨床的意義, 冠動脈造影との対比. *心臓* **15**: 188-193, 1983
- 7) 山本真知子, 傳 隆泰, 飯沼宏之, 相沢忠範, 高橋宣光, 加藤和三, 麻野井英次: 労作狭心症における運動負荷時一過性にみられる陰性 U 波の臨床的意義. *心電図* **5**: 383-389, 1985
- 8) 下野武俊, 久保田功, 池田こずえ, 立木 楷, 安井昭二: 運動負荷後に出現する陰性 U 波の臨床的意義について. *日内会誌* **76**: 810-817, 1987
- 9) 増田岳一: 虚血性心疾患における運動負荷時に出現する陰性 U 波の臨床的意義. *日本臨床生理学会誌* **17**: 221, 1987
- 10) 大津文雄: 異型狭心症における陰性 U 波に関する研究. *日医大誌* **48**: 410-427, 1981
- 11) 傳 隆泰, 加藤紀久, 高橋宣光: 心電図陰性 U 波の研究——心筋虚血に基づく陰性 U 波の実験的再現とその成因. *心臓* **13**: 651-660, 1981
- 12) 長谷川浩一: 右冠動脈および左回旋枝閉塞部位の差による心筋梗塞急性期の心電図所見に関する研究——ST 偏位と誘導部位について. *脈管学* **26**: 1289-1295, 1986
- 13) 小林 正, 山崎 昇, 小川宏一, 山本英樹, 内藤嘉之, 佐々寛己, 水谷浩也, 鈴木与志和, 宮城島善和, 森 一成: 虚血性心疾患と陰性 U 波, とくに心筋梗塞例を中心にして. *内科* **28**: 315-321, 1971