

虚血性心疾患における心表面U波は体表面前胸部心電図にいかに関射されるか

Projection of Epicardial U-Wave Change to Surface Precordial Electrocardiogram in Coronary Artery Disease

片岡 一
矢野 庄司*¹
田村 彰*²
御厨 美昭*²

Hajime KATAOKA, MD
Shoji YANO, MD*¹
Akira TAMURA, MD*²
Yoshiaki MIKURIYA, MD*²

Abstract

U-wave changes on the intracoronary electrocardiogram (ECG) during anterior or inferoposterior myocardial ischemia were correlated with the U-wave changes in the precordial leads of the body surface ECG in 28 patients who underwent coronary angioplasty of the left anterior descending (LAD group; 17 patients) or left circumflex (LC group; 11 patients) coronary artery. The intracoronary ECG was recorded simultaneously with the body surface multiple precordial leads at the baseline and during angioplasty. The amplitude of the U-wave on the intracoronary ECG was measured quantitatively, and U-wave changes from baseline to angioplasty were assessed qualitatively on the body surface ECG. Three different patterns of U-wave changes were distinguishable on the intracoronary ECG from baseline to angioplasty: change to positivity; no change; and change to negativity. The incidence of each pattern was similar in the LAD and LC groups (35 vs 36%; 30 vs 18%; 35 vs 46%, respectively). The intracoronary ECG was more sensitive for detecting U-wave changes during angioplasty than body surface precordial ECG (LAD group 71 vs 47%; LC group 82 vs 27%). When compared to the intracoronary ECG, concordant U-wave changes occurred in the surface precordial ECG in 67% (8/12) of the LAD group with accompanying epicardial U-wave changes, and discordant changes in 33% (3/9) of the LC group with epicardial U-wave changes. The present study provides fundamental information for understanding the correlation of U-wave changes between epicardial and surface precordial ECGs during myocardial ischemia in humans. As well as primary U-wave changes in anterior myocardial ischemia, reciprocal U-wave changes may also be prominent in the surface precordial ECGs in some cases of posterior myocardial ischemia.

Key Words

coronary artery disease, electrocardiography, U-wave

はじめに

U波の起源はいまだ不明であるが、多くの報告は陰性U波と心筋虚血との密接な関連を述べている¹⁻¹⁰⁾。Gersonらは、安静時⁴⁾あるいは運動負荷時³⁾に体表面心電図の前胸部誘導にて出現する陰性U波は、左前下行枝起始部あるいは左主幹部の病変に極めて特異的であると報告したが、その後、異型狭心症⁶⁻⁹⁾、冠動脈形

成術中¹⁰⁾の前壁心筋虚血の際にも同様な指摘がみられる。また長谷川ら^{11,12)}は、最近、負荷心電図の前胸部誘導においてT波の減高に伴って出現する一過性陽性U波の増高は、左回旋枝あるいは右冠動脈病変に特異的な心電図指標であることを示唆し、その機序として、虚血領域である後下壁に生じた陰性U波の前胸部誘導における対側性変化を推定した。その後、多数例の分析により、長谷川らの報告を支持する論文も発表

慈恵会西田病院 内科：〒876 大分県佐伯市大手町 3-3-24; *1アルメイダ病院 循環器科; *2大分医科大学 第二内科
Department of Internal Medicine, Jikei-kai Nishida Hospital, Oita; *1Cardiovascular Division, Almeida Hospital, Oita; *2The Second Department of Internal Medicine, Oita Medical University, Oita

Address for reprints: KATAOKA H, MD, Department of Internal Medicine, Jikei-kai Nishida Hospital, Ohtemachi 3-3-24, Saiki, Oita 876

Manuscript received November 13, 1995; revised January 26, 1996; accepted February 27, 1996

された¹³⁾。

以上のように体表面前胸部心電図のU波は心筋虚血の存在のみならず、局在に関しても重要な指標であると思われるが、ヒトにおける虚血時の心表面U波の挙動および体表面心電図への投射形態が明らかとなれば、体表面心電図におけるU波の臨床的意義の理解は更に深まるであろう。しかしながら、心筋虚血時の心表面でのU波挙動に関する臨床的研究は少なく¹⁴⁾、また、心表面と体表面心電図とのU波の関連については不明である。近年、Gruntzigらが導入した経皮的冠動脈形成術¹⁵⁾は、冠動脈疾患の標準的な治療手段として広く普及してきたが、本治療に用いるガイドワイヤーを通じ、冠動脈閉塞に伴う局所心表面よりの心電情報を得ることができる¹⁶⁻¹⁸⁾。そこで本研究は、U波の臨床的理解を深めるため、左室前壁を灌流する左前下行枝、あるいは後下壁を支配する左回旋枝病変に対する冠動脈形成術中に冠内心電図を記録し、心筋虚血に伴う心表面U波の挙動およびその体表面前胸部心電図への投射形態を分析した。

方 法

1. 対 象

前向き研究により、左前下行枝病変、あるいは左回旋枝病変を標的とした経皮的冠動脈形成術施行の41症例を対象とした。このうち、肥大型心筋症合併の1例、拙劣な心電図記録の8例、頻脈のためU波同定が困難であった4例の計13例は対象から除外したため、本研究での最終的な分析対象は計28例(男21例、女7例、年齢41-80歳)であった。対象には、完全脚ブロック、WPW症候群、心房細動症例は含まれていない。全例で抗狭心症薬の内服は継続したが、抗不整脈薬やジギタリス製剤の投与例はなかった。

2. 冠動脈形成術と冠内心電図

術前5-10日に冠動脈造影ならびに左室造影を施行、冠動脈狭窄は内径の75%以上を有意とした。冠動脈形成術および冠内心電図の具体的な施行法については、これまでの報告¹⁶⁻¹⁸⁾に詳しい。簡略に述べると、Judkins法によりガイドワイヤーを留置したのち確認造影を行い、ガイドワイヤーを狭窄部位よりできるだけ末梢側へ導き、近位端を心電計のV₆誘導に接続した。心電図記録は6チャンネルの日本光電製

DTS-3290を用いて行い、紙送り速度25mm/min、感度1mV=10mmで、術前、術中にできるだけ頻回に記録した。冠動脈の拡張回数および持続時間、バルーン加圧の程度は、術中の造影検査をもとに術者の判断によった。

3. 分析対象とした心電図

多くの症例で複数回の拡張術を施行した。なお、ガイドワイヤーやバルーン付きカテーテルの狭窄部位の通過のみでも心筋虚血を容易にきたす症例が多い¹⁹⁾。分析対象の心電図としては、コントロール記録(拡張前)において虚血の影響が少ないと考えられる心電図記録が望まれる。そこで一連の心電図記録の中から、コントロール記録においてST偏位の最も少ない記録を選択した。この心電図記録より、術前コントロール部分とバルーン膨張中に頻回に施行した冠内心電図記録で、最大ST偏位を呈した心電図記録を分析にあてた。

4. 心電図所見の解釈

ST部分ならびにU波を分析した。冠内心電図においては両者とも定量的に計測し、体表面心電図においては、ST部分は最大偏位を呈した誘導のSTレベルを定量的に計測、U波は定性的に評価した。なお計測にあたっては、ST部分はPQ部分を基線としてJ点で、U波はTP部分を基線として頂点までの振幅を測定した。更に左室の特定部位で生じた傷害電流が体表面前胸部誘導にいかにか投射されているかを知るため、最もST偏位の大きかった誘導でのST偏位の程度(コントロール時のSTレベルと冠拡張時のSTレベルの差)と冠内心電図でのST偏位の程度との比を求めST偏位の投射効率(projection index of ST shift)とした。

体表面前胸部誘導でのU波の定性評価は、コントロール記録時より冠動脈形成術時記録へのU波の極性の変化、振幅の変化について行った。陰性U波はTP部分において独立してみられる陰性方向への、また陽性U波は陽性方向への振れをもって定義した。T波終末部やP波開始部と判別に苦慮するU波は四肢誘導心電図のQT、PR部分を決定し、これを参考に同定した。体表面前胸部誘導におけるU波変化は、冠動脈形成術による心筋虚血発生に伴い、1) 陽性化方向への変化-陽性U波の振幅増高、新たな陽性U波の出現、陰性

U 波の振幅減高, 陰性 U 波の消失の組み合わせから成るもの, 2) 無変化, 3) 陰性化方向への変化-陰性 U 波の振幅増高, 新たな陰性 U 波の出現, 陽性 U 波の減高, 陽性 U 波の消失の組み合わせよりなるものの 3 型に分類された。

5. 統計処理

本文中の数値は平均値±標準偏差で表し, 統計処理としては paired ならびに unpaired *t* 検定を用い, $p < 0.05$ を有意差の判定とした。

結 果

冠動脈形成術は左前下行枝病変 17 例 (left anterior descending artery: LAD 群), 左回旋枝病変 11 例 (left circumflex coronary artery: LC 群) に対して施行された。LAD 群, LC 群の臨床像, 冠動脈造影所見, 冠内心電図および体表面心電図所見のまとめを **Table 1** に示す。

1. 臨床像

LAD 群のうち前壁心筋梗塞の既往を 4 例に認めたが, 標準 12 誘導心電図上, 異常 Q 波はなく, 他の 13 例は安定型狭心症であった。冠動脈造影では, 1 例を除き全例が一枝病変であった。LC 群では, 4 例に下壁梗塞の既往を認め, うち 2 例で下壁誘導で異常 Q 波が出現した。他の LC 群症例は安定型狭心症で, 7 例が一枝病変, 4 例が多枝病変例であった。終末部陰性 T 波は LAD 群の 4 例, LC 群の 2 例でみられた。LAD 群の心拍数はコントロール時 74.5 ± 8.4 (56-85)/min, 冠動脈形成術中 73.1 ± 8.4 (58-85)/min で変化はなく, LC 群もそれぞれ 69.5 ± 6.9 (57-77), 68.8 ± 8.6 (54-83)/min で差はなかった。

2. 冠内心電図と体表面前胸部誘導での ST 偏位の比較

冠内心電図における ST 偏位は全例に出現し, LAD 群の 1 例の低下以外は 27 例とも上昇であった。偏位の程度は LC 群は LAD 群に比し大であった (16.8 ± 11.9 vs 6.65 ± 5.8 mm, $p < 0.02$)。体表面前胸部心電図では LAD 群は全例とも冠内心電図と同方向の ST 偏位を示し, また LC 群は 7 例 (64%) で ST 低下を呈した。

3. ST 部分の投射効率

LAD 群の投射効率は 0.42 ± 0.16 で, LC 群の 0.05 ± 0.05 に比し有意に大であった ($p < 0.001$)。

4. 冠内心電図の U 波所見

冠内心電図におけるコントロール時の U 波高の平均は, LAD 群 0.5 ± 1.35 mm (-3-+3), LC 群 1.27 ± 2.4 mm (-3-+4) で有意差は認められなかった。冠動脈形成術による心筋虚血増強に伴う U 波の変化は, 陽性方向への変化, 無変化, 陰性方向への変化の 3 型に分類された。これら 3 型の出現率は, それぞれ LAD 群: 35%, 30%, 35%, LC 群: 36%, 18%, 46% であり, LAD 群と LC 群は同様であった。さて冠内心電図において ST 上昇を呈した症例 (LAD 群の 1 例を除く全例) を対象として, 心表面の U 波の変化と ST 偏位度を分析すると, 陽性化方向への U 波変化を呈した症例 ($n=10$), 陰性化方向への症例 ($n=10$) の偏位度は, それぞれ 10.9 ± 4.75 , 14.5 ± 14 mm で有意差はないが, 無変化群 ($n=7$) は 7.43 ± 4.31 mm と前 2 者に比べ, 低値の傾向であった ($p < 0.1$)。

5. U 波変化の冠内心電図と前胸部心電図との相関性

冠動脈形成術による虚血増強に伴う U 波の変化は, 体表面前胸部心電図に比べ, 冠内心電図において, より鋭敏に記録された。すなわち, 冠内心電図と前胸部心電図での U 波変化の出現率は, それぞれ LAD 群で 71 vs 47%, LC 群で 82 vs 27% であった。

冠内心電図で観察された U 波変化の前胸部心電図への投射を分析すると, LAD 群においては, 冠内心電図で変化のみられなかった 5 例 (**Table 1-A**; LAD 群の症例 7-11) では, 体表面前胸部心電図においても変化なく, また陽性方向への変化を生じた 6 例 (症例 1-6), ならびに陰性方向への変化をきたした 6 例 (症例 12-17) では, それぞれ各 4 例 (67%) において, 前胸部心電図で冠内心電図と同様の変化が出現した。LC 群においては, 冠内心電図で変化のなかった 2 例 (**Table 1-B**; LC 群の症例 5, 6) では, 体表面心電図でも変化なく, 冠内心電図で U 波変化のみられた 9 例中 3 例 (症例 8-10) の前胸部心電図において, 冠内心電図とは反対方向への U 波変化が出現した。

Table 1 Clinical, coronary angiographic, body surface precordial electrocardiographic and intracoronary electrographic findings**A. Left anterior descending artery (LAD) group**

Pt No	Age (yr)/ Sex	Target lesion (%stenosis)	Ic-ECG U-wave amp		Bs-ECG U-wave polarity and change			Ic-ECG ST shift		Bs-ECG Mx ST shift		Projection index of ST shift	
			Before (mm)	During (mm)	Before	During	Change	Before (mm)	During (mm)	Lead	Before (mm)		During (mm)
Change of Ic-ECG U-wave to positivity during angioplasty compared to baseline													
1	56/M	7 (90)	-3.0	+1.5-1.5*	Flat	+- (V ₁ -V ₃)	Biphasic	0	17	V ₃	0	4.5	0.26
2	74/M	6 (90)	0	+4.0	- (V ₄ , V ₅)	+	Positivity	0	11	V ₃	0	5.0	0.45
3	67/M	7 (75)	+1.0	+2.0	+	+	No	4	11	V ₃	2.0	5.0	0.43
4	80/M	7 (90)	0	+1.0	Flat	+	Positivity	3	9	V ₃	0	3.0	0.50
5	67/M	6 (90)	+1.0	+2.0	+	++	Positivity	2	10	V ₃	1.5	4.0	0.31
6	73/M	7 (90)	+1.5-1.5*	+2.0	+	+	No	2	13	V ₃	0	8.0	0.72
No change of Ic-ECG U-wave during angioplasty compared to baseline													
7	41/M	7 (99)	+1.5	+1.5	+	+	No	0	7	V ₄	0	2.0	0.29
8	73/M	7 (90)	0	0	Flat	Flat	No	0	10	V ₂	1.0	5.0	0.40
9	69/M	7 (90)	+2.0	+2.0	+	+	No	2	4	V ₃	0.5	1.5	0.50
10	70/M	7 (90)	+1.0	+1.0	+	+	No	2	6	V ₃	0.5	1.5	0.25
11	63/F	7 (99)	0	0	Flat	Flat	No	0	4	V ₂	0.5	1.5	0.25
Change of Ic-ECG U-wave to negativity during angioplasty compared to baseline													
12	71/M	7 (80)	+3.0	+1.0	+	+	No	0	15	V ₄	0	5.0	0.33
13	73/M	7 (90)	0	-1.5	Flat	Flat	No	2	12	V ₃	1.0	4.0	0.30
14	62/M	7 (90)	+2.0	-0.5	+	+- (V ₅)	Negativity	0	3	V ₂	0.5	1.5	0.33
15	69/M	6 (99)	0	-2.5	Flat	- (V ₃ , V ₄)	Negativity	0	2	V ₂	0.5	2.0	0.75
16	69/F	6 (99)	+1.0	-1.5	Flat	- (V ₄ , V ₅)	Negativity	0	4	V ₃	0	2.5	0.63
17	60/M	7 (99)	-1.0	-2.0	+- (V ₅)	- (V ₃ -V ₅)	Negativity	-2	-10	V ₃	0	-3.0	0.38

B. Left circumflex coronary artery (LC) group

Change of Ic-ECG U-wave to positivity during angioplasty compared to baseline													
1	65/M	13 (90)	-3	+5	+	+	No	4	21	No remarkable change		0	
2	78/F	11 (90)	+1	+2	+	+	No	0	7	No remarkable change		0	
3	59/M	13 (99)	-1	0	Flat	Flat	No	1	8	V ₁	0	-1.0	0.14
4	74/F	13 (99)	+3	+5	+- (V ₄ , V ₅)	+- (V ₄ , V ₅)	No	2	20	V ₃	-0.5	-1.5	0.06
No change of Ic-ECG U-wave during angioplasty compared to baseline													
5	76/F	14 (90)	+2	+2	+	+	No	0	13	V ₂	0	-1.0	0.07
6	73/F	13 (90)	-2	-2	+	+	No	3	15	No remarkable change		0	
Change of Ic-ECG U-wave to negativity during angioplasty compared to baseline													
7	69/M	13 (90)	+4	+2	+	+	No	-5	22	No remarkable change		0	
8	69/F	11 (90)	+2	+1	+	++	Positivity	0	17	V ₃	0	-1.0	0.06
9	68/M	13 (90)	+3	-1	Flat	+	Positivity	3	15	V ₃	0	-1.0	0.08
10	61/M	13 (90)	+4	0	+	++	Positivity	0	48	V ₂	1.0	-1.5	0.05
11	68/M	13 (90)	+1	-1	+	+	No	1	8	V ₃	0	-1.0	0.14

Polarity and amplitude of U-waves on the body surface ECG is shown as : --=negative deflection; +- =coexistence of negative and positive deflections; +=positive deflection; ++=enhanced amplitude of positive U-wave during angioplasty compared to baseline ECG record. Precordial lead number in parentheses indicates the leads in which negative deflection of U-wave was detected.

*Biphasic U-wave on the intracoronary ECG.

Pt=patient; ECG=electrocardiogram; amp=amplitude; Bs-ECG=body surface ECG; Ic-ECG=intracoronary ECG; M=male; F=female; Mx=maximum.

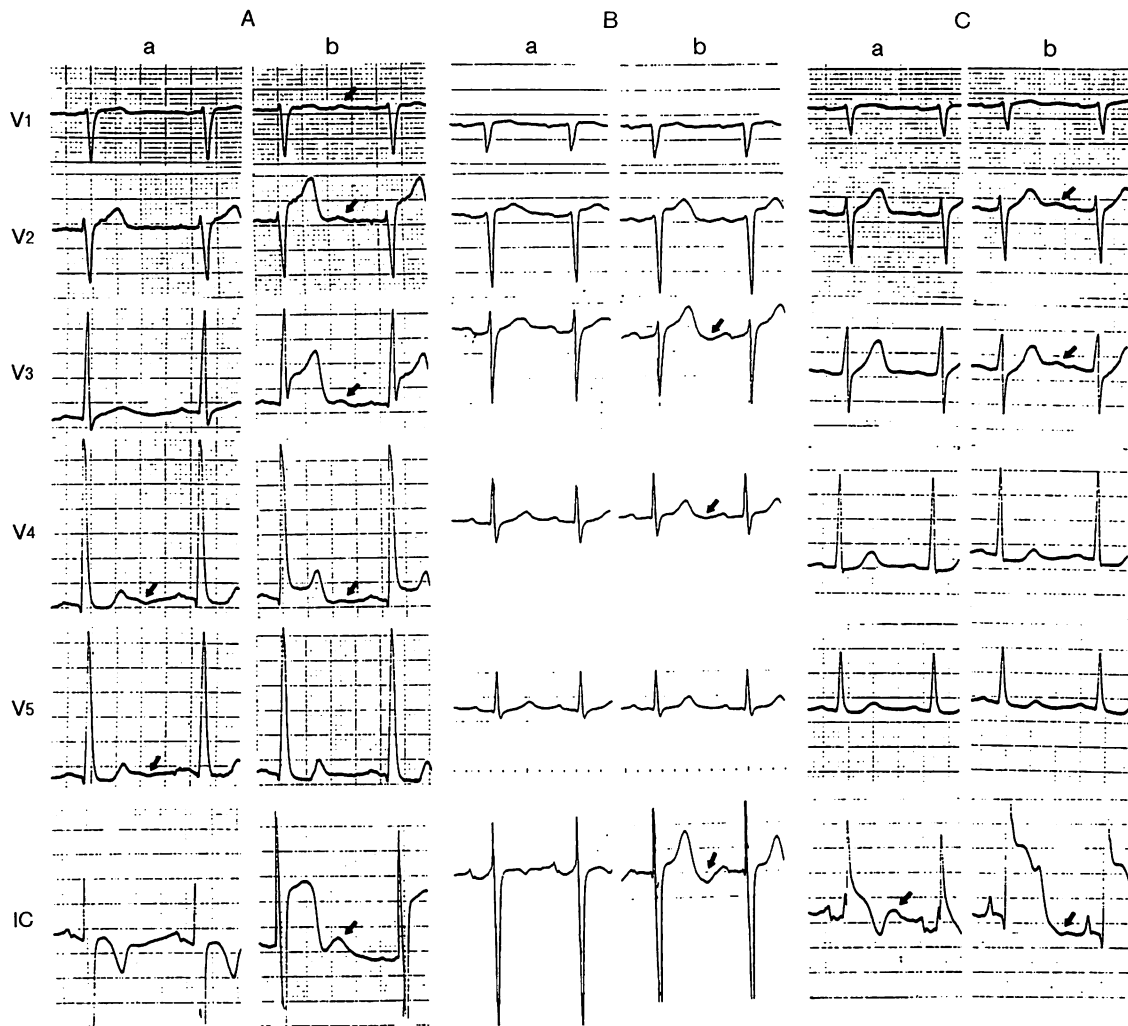


Fig. 1 Examples of simultaneous recordings of intracoronary electrogram (Ic) and body surface precordial ECG at the baseline (a) and during coronary angioplasty (b)

A : Recording from patient 2 of LAD group. At the baseline, the U-wave on the intracoronary electrogram is flat, and U-waves in the precordial V₄ and V₅ leads are negative. During angioplasty, a positive U-wave is noted in the intracoronary electrogram with simultaneous U-wave positivity in the precordial V₁ to V₄ leads of the body surface ECG (arrow indicates U-wave).

B : Recording from patient 15 of LAD group. At the baseline, U-waves in the intracoronary electrogram and precordial leads are flat. During angioplasty, inverted U-waves appeared in both the intracoronary electrogram and the precordial V₃ and V₄ leads of the body surface ECG.

C : Recording from patient 9 of LC group. On the baseline, the U-wave on the intracoronary electrogram is positive, and the U-wave in the body surface precordial leads is flat. During angioplasty, the U-wave on the intracoronary electrogram changes to negative. Conversely, positive U-waves appear in the precordial V₂ and V₃ leads of the body surface ECG.

Abbreviations as in Table 1.

6. 症例呈示

冠内心電図と体表面前胸部心電図でU波変化の観察された3症例の心電図所見を **Fig. 1** に示す (**Figs. 1-A, B** は、それぞれLAD群の症例2, 15より、また **Fig. 1-C** はLC群の症例9より記録された心電図所見)。

考 案

本研究は、最近報告されたJainらの冠内心電図によるU波の分析結果¹⁴⁾を支持するとともに、新たな事実として、左室前壁の心表面U波の変化は体表面前胸部誘導に一次的变化として、また後下壁のそれは対側性変化として反映されることを直接的に明らかにした。

1. 心筋虚血に伴う心表面 U 波の変化

最近まで、ヒトにおける心表面 U 波変化の詳細は明らかではなかった。Jain ら¹⁴⁾は、冠内心電図による観察により、陰性 U 波のみならず陽性 U 波も心筋虚血の徴候であり、また同心電図よりみれば、陰性 U 波は左前下行枝領域の心筋虚血に特異的ではないと指摘した。本研究では、Jain らと同様の方法により冠内心電図を記録し、U 波を定量的に測定、分析したところ、冠動脈形成術に伴う心筋虚血の増強による U 波変化は陽性方向への変化、無変化、陰性方向への変化の 3 型に分類され、心筋虚血の発生部位による差異もなく、それぞれの変化は同頻度に出現した。

以上より、冠内心電図よりみれば、陰性 U 波のみが心筋虚血に特異的とはいえ、また陰性 U 波は必ずしも前壁虚血に特異的ではないと結論される。冠内心電図における ST 偏位度を指標として U 波変化の方向に及ぼす心筋虚血の影響を分析したが、Jain らの報告¹⁴⁾と同様、陽性 U 波変化と陰性変化とで差はなかった。虚血に伴う陽性 U 波の病態生理、意義については、今後の検討課題である。

2. 冠内心電図と体表面心電図における U 波変化の検出能の比較

単一誘導による冠内心電図と多極誘導による体表面心電図とで、虚血発生に伴う ST 変化の検出能を比較した論文は散見されるが¹⁶⁻¹⁸⁾、虚血発生に伴う U 波変化の検出能を比較した研究はこれまでになく、不明である。本研究はこれまでの ST 変化の検出能に関する分析¹⁶⁻¹⁸⁾と同様、U 波変化の検出能においても、単一誘導の冠内心電図の感度は多極誘導の体表面心電図に比し、良好であることを明らかにした。後下壁の心筋虚血において体表面前胸部心電図での U 波変化の検出率が劣る原因としては、まず後下壁より前胸部方向へ投射される U 波ベクトルをとらえるにあたり、前胸部誘導関電極の設置部位が不適切であったことが考えられる¹⁸⁾。更に、後下壁と前胸部誘導との物理的な距離関係も考慮されなくてはならない¹⁹⁾。本研究において、左回旋枝領域の冠動脈形成術症例の ST の投射効率が著しく悪かったことは、これらのことを裏付けている。左前下行枝病変に対して冠形成術を施行した症例においての電極の設置部位は、U 波変化をとらえるには特に問題ないものと思われる。このことは投射効

率が良好であった結果と考えられる。しかしながら、これらの症例においても、体表面前胸部心電図における U 波変化の検出能は、冠内心電図に比べて低感度であった。その理由としては、低振幅の U 波に生じたところのわずかな変化をとらえるには本研究で用いた心電図の条件設定や精度に限界があるためかもしれない。これを改善するには、用いた心電図計の感度を上げたり、高感度心電図の利用が必要であろう。

3. 心表面 U 波の体表面前胸部心電図への投射形態

臨床的に心表面での U 波の変化がいかに体表面前胸部誘導に投射、反映されるかは、直接的証拠に乏しく不明な点が残されてきた。本研究は、この点に関する興味ある事実として、左室前壁に由来する心表面 U 波の変化は一次的变化として、また後下壁に由来する変化は対側性変化として体表面前胸部心電図へ投射されることを明らかにした。後下壁に由来する U 波変化の前胸部誘導への対側性変化としての投射は、これまで報告されてきたところの QRS, ST, T 波形のそれと同様であった²⁰⁻²⁷⁾。また長谷川ら^{11,12)}は、運動負荷心電図において出現する T 波減高を伴った前胸部誘導 U 波増高は後下壁虚血に特異的であることを指摘し、その機序として後下壁に生じた陰性 U 波の対側性変化を推測しているが、本研究の結果は、長谷川らの仮説を支持するものであった。しかしながら、左室後下壁の低振幅 U 波に生じた変化が、遠距離に位置する前胸部誘導に投射される機序については不明と言わざるをえない。Fu ら²⁸⁾は、U 波の変化は虚血心筋の中心部に比べ周辺部でより強いことを実験的研究により指摘している。また、体表面心電図における U 波の変化は、ST 部分の変化に比べ、より広範な誘導に生じるとの臨床的報告もみられる^{6,10)}。もし本研究において、仮にそうであったとすれば、ST 変化に比べ、より広範な後下壁心筋部分において生じた U 波変化が遠距離に位置した前胸部誘導に反映されうことは、solid angle theory²⁹⁾からも推定される。

4. 本研究の限界性

対象症例が限られているため、更に多数例での分析が望まれる。例えば、冠閉塞時の虚血域の冠内心電図と体表面心電図での ST 変化を比較対比した研究によると^{16,17)}、癒痕心筋より冠内心電図記録が得られた場

合、体表面心電図においてのみ ST 変化の出現する症例がみられるという。本研究における冠内心電図は、全例が ST 変化を呈し、生存心筋より得られたものと判断される。癒痕心筋からの冠内心電図が記録された症例については、今後の検討を要する。また、左回旋枝の近位部病変の冠閉塞などの際、前側壁への心筋虚血の波及による影響³⁰⁾が、前胸部心電図の側壁誘導 (V₅, V₆ など) へ一次的变化として出現することも考えられるが、本研究の左回旋枝症例の大多数が遠位部病変例であったためか、側壁誘導において U 波変化の出現した症例はみられなかった。更に、本研究は冠動脈形成術による短時間の急性冠閉塞時の観察であるため、異なる病態生理のもとでの U 波変化 (例えば運動負荷など) の理解に外挿するには慎重でなければならない。

5. 本研究の臨床的意義

本研究は、冠内心電図記録の分析により、心表面 U 波は虚血の増強に伴い陰性化方向のみならず陽性化方向への変化もきたし、その出現様式は前壁領域と後下壁領域とで差がないことを示し、また前壁領域での心表面 U 波変化は体表面前胸部誘導へは、しばしば一次的变化として、後下壁領域のそれは時に対側性変化として反映されることを明らかにした。これらの認識が、

体表面心電図でみられる U 波理解の一助となることを期待する。

Jain ら¹⁴⁾ならびに我々の研究は、心表面陰性 U 波が前壁心筋虚血に特異的ではないことを明らかにしたが、留意すべきは、これがただちに体表面前胸部誘導に出現する陰性 U 波の前壁心筋虚血の良好な診断特異性を否定するものではないことである。本研究で心筋虚血に伴う前胸部心電図での陰性 U 波の出現は LAD 群で 5/17 例、LC 群で 0/11 例で、前壁心筋虚血の存在診断に果たす体表面前胸部誘導の陰性 U 波の特異度は 100% と良好であり、従来の指摘と一致する。つまり、後下壁虚血における前胸部心電図への一次的あるいは対側性陰性 U 波変化の出現率は極めて低率であるため、前胸部心電図における陰性 U 波の前壁虚血診断における良好な特異性を損なうことは少ないと考えられる。また陰性 U 波の出現率については、本研究と同等の短時間の冠閉塞 (冠攣縮⁶⁻⁸⁾ あるいは冠動脈形成術¹⁰⁾ 中の心電図記録による報告では 66.7-100% と、本研究の 30% に比べ高率であった。出現率の相違に関しては、対象、解析した心電図記録時間の異同等が考えられよう。長谷川らの指摘した心電図指標^{11,12)}については、最近、心筋梗塞における意義も指摘され³¹⁾、今後の更なる研究成果が期待される。

要 約

心表面 U 波の体表面前胸部心電図への投射形態を明らかにするため、冠内心電図と体表面心電図とで記録された U 波の相関性を検討した。対象は左前下行枝病変 (LAD 群, $n=17$) と左回旋枝病変 (LC 群, $n=11$) を有する虚血性心疾患例で、冠動脈形成術前と術中に冠内心電図を 12 誘導心電図の V₆ 誘導に記録した。冠内心電図の U 波は定量的に、体表面心電図のそれは前胸部誘導の極性、波高の変化を定性的に評価し、ST 変化値の (前胸部心電図)/(冠内心電図) 比を投射効率とした。

虚血発生に伴う心表面 U 波の変化を陽性化への変化、不変、陰性化への変化に分類すると、LAD 群 (35%, 30%, 35%) と LC 群 (36%, 18%, 46%) の間に差はなく、U 波高の計測結果も同様であった。冠内心電図における U 波変化の前胸部心電図への投射は、LAD 群では冠内心電図で U 波高の変化を認めた 8/12 例 (67%) で前胸部心電図の U 波も相似的变化を示し、LC 群では冠内心電図で U 波高の変化を認めた 3/9 例 (33%) で前胸部心電図上、相反的な U 波の変化が観察された。また LC 群の投射効率は LAD 群のそれに比べ、極めて劣っていた。

冠内心電図で記録された心表面 U 波の変化は左前下行枝と左回旋枝領域で差はなく、陰性のみならず陽性化方向へも生じた。体表面前胸部心電図へは、心筋虚血部位により出現率に差はあるものの、一次的あるいは対側性変化として反映された。

J Cardiol 1996; 27: 247-254

文献

- 1) Palmer JH : Isolated U wave negativity. *Circulation* 1953; **7** : 205-210
- 2) Lepeschkin E : The U wave of the electrocardiogram. *Mod Concepts Cardiovasc Dis* 1969; **38** : 39-45
- 3) 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* 1979; **60** : 1014-1020
- 4) Gerson MC, McHenry PL : Resting U wave inversion as a marker of stenosis of the left anterior descending coronary artery. *Am J Med* 1980; **69** : 545-550
- 5) Kishida H, Cole JS, Surawicz B : Negative U wave : A highly specific but poorly understood sign of heart disease. *Am J Cardiol* 1982; **49** : 2030-2036
- 6) Miwa K, Murakami T, Kambara H, Kawai C : U wave inversion during attacks of variant angina. *Br Heart J* 1983; **50** : 378-382
- 7) Matsuguchi T, Koiwaya Y, Nakagaki O, Takeshita A, Nakamura M : Transient U wave inversion during variant angina. *Am Heart J* 1984; **108** : 899-904
- 8) Yano H, Hiasa Y, Aihara T, Nakaya Y, Mori H : Inverted U wave in ergonovine-induced vasospastic angina. *Clin Cardiol* 1987; **10** : 633-639
- 9) Yamakado T, Nakano T, Masuda T, Takezawa H : Coronary angiographic findings associated with U-wave inversion during coronary artery spasm. *Am J Cardiol* 1987; **60** : 188-190
- 10) Yano H, Hiasa Y, Aihara T, Nakaya Y, Mori H : Negative U wave during percutaneous transluminal coronary angioplasty. *Clin Cardiol* 1991; **14** : 232-236
- 11) Hasegawa K, Nezu S, Fujiwara T, Samukawa M, Tadaoka S, Nakao M, Nakamura T, Yoneda M, Kakumae S, Sawayama T : Transient positive U wave as a new marker of the critical left circumflex artery stenosis and postero-inferior ischemia. *Heart* 1988; **20** : 269-275 (in Japanese)
- 12) Hasegawa K, Fujiwara T, Sawayama T, Nezu S, Nakao M, Tadaoka S, Nakamura T, Kakumae S, Kawahara Y, Inoue S : Angina-induced transient positive U wave in right precordial leads : A marker of left circumflex artery/right coronary artery stenosis. *Heart* 1988; **20** : 1033-1039 (in Japanese)
- 13) Chikamori T, Yamada M, Takata J, Furuno T, Yamasaki F, Doi YL : Exercise-induced prominent U waves as a marker of significant narrowing of the left circumflex or right coronary artery. *Am J Cardiol* 1994; **74** : 495-499
- 14) Jain A, Jenkins MG, Gettes LS : Lack of specificity of new negative U waves for anterior myocardial ischemia as evidenced by intracoronary electrogram during balloon angioplasty. *J Am Coll Cardiol* 1990; **15** : 1007-1011
- 15) Gruentzig AR : Nonoperative dilatation of coronary artery stenosis : Percutaneous transluminal angioplasty. *N Engl J Med* 1979; **301** : 61-68
- 16) Friedman PL, Shook TL, Kirshenbaum JM, Selwyn AP, Ganz P : Value of the intracoronary electrocardiogram to monitor myocardial ischemia during percutaneous transluminal coronary angioplasty. *Circulation* 1986; **74** : 330-339
- 17) Taggart P, Sutton P, Jhon R, Hayward R, Swanton H : The epicardial electrogram : A quantitative assessment during balloon angioplasty incorporating monophasic action potential recordings. *Br Heart J* 1989; **62** : 342-352
- 18) Berry C, Zalewski A, Kovach R, Savage M, Goldberg S : Surface electrocardiogram in the detection of transmural myocardial ischemia during coronary artery occlusion. *Am J Cardiol* 1989; **63** : 21-26
- 19) Rezkalla S, Moushmouth B, Connors BC, Turi ZG : Monitoring of ischemia during percutaneous coronary angioplasty : Influence of guidewire, balloon placement, and lead selection. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1988; **15** : 233-236
- 20) Spach MS, Barr RC, Lanning CF, Tucek PC : Origin of body surface QRS and T wave potentials from epicardial potential distributions in the intact chimpanzee. *Circulation* 1977; **55** : 268-278
- 21) Schamroth L, Perlman MM : The electrocardiographic manifestations of acute true posterior myocardial infarction. *Heart Lung* 1972; **1** : 658-660
- 22) Bough EW, Korr KS : Prevalence and severity of circumflex coronary artery disease in electrocardiographic posterior myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 1986; **7** : 990-996
- 23) Sclarovsky S, Topaz O, Rechavia E, Strasberg B, Agmon J : Ischemic ST segment depression in leads V₂-V₃ as the presenting electrocardiographic feature of posterolateral wall myocardial infarction. *Am Heart J* 1987; **113** : 1085-1090
- 24) Boden WE, Spodick DH : Diagnostic significance of precordial ST-segment depression (editorials). *Am J Cardiol* 1989; **63** : 358-361
- 25) Kataoka H, Tamura A, Mikuriya Y : Central precordial reciprocal ST-segment elevation in posterolateral myocardial infarction. *Am Heart J* 1993; **125** : 1202-1204
- 26) Eisenstein I, Sanmarco ME, Madrid WL, Selvester RH : Electrocardiographic and vectorcardiographic diagnosis of posterior wall myocardial infarction : Significance of the T wave. *Chest* 1985; **88** : 409-416
- 27) Kataoka H : Relation of T-wave polarity in precordial V₁ lead to right or left circumflex coronary pathoanatomy in acute inferior myocardial infarction. *Chest* 1994; **105** : 360-363
- 28) Fu LT, Kato N, Takahashi N : Ischaemia-induced negative U waves in electrocardiograms : An experimental study in canine hearts. *Cardiovasc Res* 1982; **16** : 240-248
- 29) Holland RP, Brooks H : Precordial and epicardial surface potentials during myocardial ischemia in the pig : A theoretical and experimental analysis of the TQ and ST segments. *Circ Res* 1975; **37** : 471-480
- 30) Dunn RF, Newman HN, Bernstein L, Harris PJ, Roubin GS, Morris J, Kelly DT : The clinical features of isolated left circumflex coronary artery disease. *Circulation* 1984; **69** : 477-484
- 31) 兼本成斌, 王 瑛, 伊吹山千晴, 竹内 徹, 佐藤 匡, 高橋 哲夫 : ST 下降のみを呈し左冠動脈回旋枝 (LCX) を責任血管とする急性心筋梗塞 (AMI) の心電図. *Jpn Circ J* 1995; **59** (Suppl I) : 450 (abstr)