虚血性心疾患における経皮的冠動脈形成術後再狭窄の心電図診断

高瀬凡平*¹ 辻本哲也*¹ 里村公生*¹ 秋間 崇*¹ 浜部 晃*¹
西岡利彦*³ 上畑昭美*³ 五十嶋一成*³ 大鈴木孝*¹ 栗田 明*²

経皮的冠動脈形成術(PTCA)後の再狭窄の心電図診断で一般的なものは運動負荷心電図である。またQT dispersion(QTD)がPTCAによる心筋虚血の診断に有用であると報告されている。そこで、運動負荷心電図およびQTDの再狭窄評価につき検討した。方法および結果：研究1；連続約350症例のPTCA成功例よりPTCA前、1ヵ月後、および冠動脈造影による再狭窄評価直前に症候限界性トレッドミル運動負荷試験(ETT)を施行し得た40症例を対象とした。PTCAの成功は完全な血行再建術とし、再狭窄の定義は拡張した血管径の50%以上の狭小化、狭窄度が70%以上に達した時とした。非再狭窄症例19例(52±9歳)および再狭窄症例21例(56±9歳)で、非再狭窄症例ではPTCA前ETT時最大ST降下度(J, 80msec)は -1.8 ± 0.5 mmであったが、1ヵ月後、再狭窄評価直前ではそれぞれ -1.0 ± 0.6 , -1.0 ± 0.8 mmと有意の改善が認められた。しかし再狭窄症例では有意の改善は認められなかった。非再狭窄症例では再狭窄評価直前のETTにおいて狭心痛誘発頻度が有意に低率で、虚血閾値の改善を認めた。PTCAの再狭窄予測にETT時の心電図は有用である可能性が示唆された。研究2：待機的PTCAを施行した連続41症例のうち、陳旧性心筋梗塞非合併例24例(69±10歳)と合併例17例(61±11歳)にわけ検討した。再狭窄症例のQTDの変化も検討した。QTDの計測は標準12誘導心電図よりPTCAの前後に施行した。QTDは通常のごとくmaximum QT - minimum QTとして求めた。陳旧性心筋梗塞非合併例ではPTCAによりQTDは 73 ± 35 msecから 51 ± 18 msecへと有意に低下したが、陳旧性心筋梗塞合併例ではPTCA前QTDは 73 ± 25 msecからPTCA後 69 ± 22 msecへの変化にとどまり有意ではなかった。PTCA再狭窄評価直前のQTDを検討すると、再狭窄をきたした症例ではQTDは 78 ± 8 msecへと再増加が認められた。PTCAによりQTDは有意に改善するが、陳旧性心筋梗塞合併例では影響が少なく、PTCA再狭窄によりQTDは有意に増加しPTCA再狭窄診断においてQTDが有用である可能性が示唆された。結論；PTCA再狭窄診断における運動負荷心電図および、標準12誘導心電図より求めたQTDの有用性が示唆される。しかし、QTDの評価には陳旧性心筋梗塞合併等の影響も考慮すべきである。(心電図, 2001；21：270～279)

Keywords

- 経皮的冠動脈形成術
- 再狭窄
- トレッドミル運動負荷試験
- QT dispersion

- *1 防衛医科大学第一内科
(〒359-8513 埼玉県所沢市並木3-2)
- *2 同研究センター
- *3 自衛隊中央病院内科

Assessment of restenosis for percutaneous transluminal coronary angioplasty by electrocardiogram

Bonpei Takase, Tetuya Tujimoto, Kimio Satomura, Takashi Akima, Akira Hamabe, Toshihiko Nishioka, Akimi Uehata, Kazusige Isojima, Fumitaka Ohsuzu, Akira Kurita

I. 緒 言

経皮的冠動脈形成術(PTCA)の非侵襲的診断における運動負荷心電図の役割については議論の多いところである^{1)~3)}。多くの報告では運動負荷心電図によるPTCAの再狭窄の診断は難しいとされている。しかしながら、運動負荷心電図はその手技および医療コストの面で有益であり、実際の臨床診療の現場においてはPTCA再狭窄の心電図診断で一般的なもの運動負荷心電図である。

また、ATP感受性のKチャンネルは心筋虚血に鋭敏に反応し体表面心電図のQT間隔に影響を及ぼし、このQT間隔から得られるQT dispersion(QTD)が心筋虚血の診断およびPTCAによる心筋虚血の改善の診断に有用であると報告されている^{4)~9)}。

そこで、運動負荷心電図で再狭窄が評価可能か否か再検討するとともに、PTCAのQTDに及ぼす影響を検討し、PTCA再狭窄におけるQTDの有用性につき検討した。本研究では以下の2つの研究にわけて検討した。

II. 方法および結果

[研究1]

1. 対象

Stent挿入術施行症例を除外したplain ordinary balloon angioplasty(POBA)連続約350症例のPTCA成功例で以下の症例を選択した。すなわち、冠動脈造影による再狭窄評価を施行し得た症例でPTCA前、1ヵ月後、および約3ないし6ヵ月後の冠動脈造影再狭窄評価直前に症候限界性トレッドミル運動負荷試験を施行し得た40症例を対象とした。PTCAの成功例のうち完全な血行再建術症例を対象とした。再狭窄の定義は拡張した血管径の50%以上の狭小化ないし狭窄度が70%以上に達した時とした。この基準により対象症例を非再狭窄群19症例(52 ± 9 歳)と再狭窄群20症例(56 ± 9 歳)に分けた。各群とも陳旧性心筋梗塞症例を認めなかった。

2. 方法

運動負荷試験は、Bruce protocolによる症候限界性トレッドミル運動負荷試験とした。12誘導心電図をMarquette CASE12で1分ごとに記録しながら狭心痛が生じるか虚血性ST下降(水平型および下降型STがJ点より80msec後方の地点で -1mm 以上に達したとき)が -2mm に達するまで施行した。また、PTCA後においては、狭心痛または虚血性ST下降が認められない時には軽い息切れ、または下肢の疲労などの症状が出現するまで運動負荷を施行した。血圧はKorotkoff法により1分ごとに記録した。12誘導中最大ST下降が認められる誘導を選択し、運動負荷中にST部分が -1mm に達するまでの運動時間を記録し、虚血閾値とした。最大運動負荷時間、最大運動負荷時の最大虚血性ST下降の程度、虚血閾値を測定するとともに、運動誘発性狭心痛の誘発頻度を2群間で比較検討した。いずれの運動負荷試験においても、運動負荷試験の2日前よりすべての抗狭心症薬の投与を中止せしめた。ただし、狭心症発作の際に使用する頓用のニトログリセリンの舌下は許可せしめた。

さらに、非再狭窄群症例と再狭窄群症例を併せて対象症例をまとめ、再狭窄の有無を確認するための冠動脈造影直前の運動負荷試験における虚血性ST下降を指標とした際の再狭窄を診断する診断感度および特異度を検討した。

PTCAは通常の方法により大腿動脈approachにてPOBAを施行した。非再狭窄群症例および再狭窄群症例の平均血管径はそれぞれ $2.5 \pm 0.5\text{mm}$ および $2.6 \pm 0.4\text{mm}$ であった。非再狭窄群症例では19症例中4症例で2枝以上の冠動脈にPTCAを施行し、狭窄群では21症例中5症例で2枝以上の冠動脈にPTCAを施行した。ほかの症例は1枝症例であった。

推計学的方法としては、成績は平均 $\pm$ 標準偏差で表わし、PTCA前後の比較にはrepeated measure of ANOVAを用い、Post Hoc試験にはScheffe法を用いた。頻度の比較にはChi-square testまたはFisher's exact testを用い、 $p < 0.05$ の時有意とした。

3. 結果

表1に非再狭窄群症例と再狭窄群症例の運動負荷試験の結果のまとめをしめす。両症例群においてPTCA前後で心拍数，収縮期血圧に差は認められなかった。最大運動負荷時間，最大運動負荷時の最大虚血性ST下降の程度，虚血閾値について両症例群を比較すると，表1のごとく非再狭窄群症例ではPTCA1ヵ月後より有意の改善が認められたが，再狭窄症例では改善傾向を認めるものの有意の差はなかった。運動誘発性狭心痛の誘発頻度を2群間で比較検討すると，PTCA前において非再狭窄群症例では11/19例(58%)に運動誘発性狭心痛が認められたのに対し再狭窄群症例では13/21例(62%)と差は認

められなかった。しかし，PTCA1ヵ月後では非再狭窄群症例では2/19例(10%)に対し再狭窄群症例では7/21例(33%)と非再狭窄群症例で有意($p < 0.05$)に運動誘発性狭心痛頻度が低かった。さらに，再狭窄評価直前における運動負荷試験においても，非再狭窄群症例では1/19例(5%)に対し再狭窄群症例では7/21例(33%)と非再狭窄群症例で有意($p < 0.05$)に運動誘発性狭心痛頻度が低かった。

非再狭窄群症例と再狭窄群症例を併せて対象症例をまとめ，冠動脈造影直前の運動負荷試験における虚血性ST下降の有無を指標とし，再狭窄診断の感度および特異度を調べた。その結果感度および特異度はそれぞれ71%および63%であった。

表1 非再狭窄群症例と再狭窄群症例における運動負荷試験の比較

	非再狭窄症例 (n=19)			再狭窄症例 (n=21)		
	PTCA前	PTCA 1ヵ月後	再評価直前	PTCA前	PTCA 1ヵ月後	再評価直前
Heart Rate at Rest (bpm)	81 $\pm$ 14	80 $\pm$ 10	83 $\pm$ 11	76 $\pm$ 13	73 $\pm$ 12	71 $\pm$ 13
Heart Rate at Peak Exercise (bpm)	137 $\pm$ 19	149 $\pm$ 15	142 $\pm$ 14	131 $\pm$ 28	134 $\pm$ 21	130 $\pm$ 23
Systolic Blood Pressure at Rest (mmHg)	135 $\pm$ 18	126 $\pm$ 12	130 $\pm$ 13	134 $\pm$ 18	133 $\pm$ 17	129 $\pm$ 15
Systolic Blood Pressure at Peak Exercise (mmHg)	166 $\pm$ 15	170 $\pm$ 26	169 $\pm$ 22	170 $\pm$ 21	166 $\pm$ 18	173 $\pm$ 34
Exercise Tolerance Time (s)	450 $\pm$ 160	540 $\pm$ 116*	489 $\pm$ 102*	452 $\pm$ 157	501 $\pm$ 147	497 $\pm$ 146
Maximum ST Segment Depression (mm)	-1.8 $\pm$ 0.8	-1.0 $\pm$ 0.6*	-1.0 $\pm$ 0.8*	-1.5 $\pm$ 0.7	-1.6 $\pm$ 0.9	-1.7 $\pm$ 0.8
Time to ST Segment < -1 mm (s)	366 $\pm$ 177	493 $\pm$ 126*	436 $\pm$ 117*	375 $\pm$ 143	423 $\pm$ 154	413 $\pm$ 149

(mean $\pm$ SD, * $p < 0.05$ vs PTCA前)

図1に再狭窄群症例の1症例を示す。図1aのごとく左冠状動脈回旋枝に有意狭窄を有しPTCAを施行した。図1bに運動負荷心電図の所見を示した。本症例ではPTCA1ヵ月後において運動誘発性虚血性

ST下降の軽減を認めているものの、再評価直前の運動負荷試験では著明な有意の虚血性ST下降が認められた。

Pre PTCA

Post PTCA

F/U

63 M y/o,
Cx

a

Pre PTCA

135/80
64

Bruce 8'00"
140/80 mmHg
140 bpm
Chest pain(+)

Post PTCA 1 Mo

150/80
65

Bruce 8'42"
160/90 mmHg
130 bpm
Chest pain(-)

F/U Pre Restudy

150/95
65

Bruce 8'35"
150/95 mmHg
138 bpm
Chest pain(+)

63 M y/o,
Cx

b

図1 63歳、男性、再狭窄群症例

再狭窄評価前運動負荷心電図：Cx，回旋枝狭窄。

a：冠動脈造影所見，F/U：再狭窄評価時冠動脈造影。

b：運動負荷心電図所見，V₅誘導心電図；Pre PTCA：PTCA前運動負荷心電図，Post PTCA 1 Mo：PTCA1ヵ月後運動負荷心電図，F/U Pre Restudy。

[研究2]

1. 対象

待機的PTCAの適応となる冠動脈疾患症例連続41例を対象とした(平均 64 ± 11 歳, 男性30例)。いずれも冠動脈造影上PTCAの適応となる病変を有し, 運動負荷試験または負荷心筋シンチグラフィにてPTCA適応病変に一致して心筋虚血が確認された症例である。このうち陳旧性心筋梗塞非合併群24例(61 ± 11 歳)と陳旧性心筋梗塞合併群17例(69 ± 10 歳)にわけた。PTCA成功の判定基準は冠動脈造影でPTCA施行後の残存狭窄が25%以下であることが確認された時とした。対象症例の除外基準として以下の基準のいずれかを満たすこととした。(1)QT dispersionに影響を及ぼすとされるclass Iまたはclass IIIに属する抗不整脈薬投与中の症例。ただしほかの抗狭心症薬剤などはPTCA前後で用法・用量の変更のない症例は対象とした。(2)QT時間に影響を及ぼす脚ブロックやWPW症候群などの心電図異常を認める症例または下記に示したごとくQT時間測定不能例。(3)過去3ヵ月以内に急性心筋梗塞や冠動脈血行再建術を施行された症例である。

さらに, 陳旧性心筋梗塞非合併群では再狭窄評価のための冠動脈造影および再狭窄が存在したときの再PTCA前の12誘導心電図記録より, 同様にQT dispersionを記録した。再狭窄の定義は研究1と同様とした。

2. 心電図計測法

QT dispersionは標準12誘導心電図(25mm/sec, 1mV/10mm, 日本光電社製Cardiofax A)より遠藤ら¹⁰⁾の方法に従い接線法にて求めた。PTCA施行72時間前および72時間後に安静心電図を記録し, 各誘導のQT時間を求め最大QT時間(maximum QT)と最小QT時間(minimum QT)の差よりQT dispersion = maximum QT - minimum QTとして求めた。12誘導心電図のうち6誘導以上の誘導でQT時間の測定が正確でない場合, その心電図を有する症例を対象より除外した。QT時間の測定は臨床成績をblindにした同一測定者に計測させた。測

定の再現性を調べるために, 対象症例から無作為に抽出した心電図を用いてBland&Altmanら¹¹⁾の方法によりrepeatabilityを検討した。

推計学的方法としては, 成績は平均 $\pm$ 標準偏差で表わし, PTCA前後の比較にはStudent's t-testを用いた。頻度の比較にはChi-square testまたはFisher's exact testを用い, $p < 0.05$ の時有意とした。

3. 結果

図2に本研究におけるQT dispersionの再現性の結果を示す。2回の測定間のrepeatabilityは良好であり, 測定誤差は 4 ± 6 msecであった。

陳旧性心筋梗塞非合併群24例と陳旧性心筋梗塞合併群17例で性別, 年齢, 冠動脈障害枝数に有意差は認められなかった。陳旧性心筋梗塞非合併群では15/24(63%)例が多枝疾患であり, 16/24(67%)例がQT dispersion > 60 msecとQT dispersionの増加した症例であった。表2に結果のまとめを示す。PTCAは陳旧性心筋梗塞非合併群で有意にQT dispersionを低下せしめたが, 陳旧性心筋梗塞合併群では有意のQT dispersionの低下は認められなかった。

PTCA前後における最大QT時間と最小QT時間の変化を調べると, 陳旧性心筋梗塞非合併群でのみPTCAにより最小QT時間の有意の延長が認められた。

陳旧性心筋梗塞非合併群ではPTCAにより有意のQT dispersionの低下が認められたため, 陳旧性心筋梗塞非合併群の再狭窄の有無を冠動脈造影で評価した時点における標準12誘導心電図のQT dispersionを調べた。その結果, 24例中6症例で再狭窄が認められ, 18症例に再狭窄を認めなかった。図3aに再狭窄症例の初回PTCAのQT dispersionへの影響および再狭窄のQT dispersionに及ぼす影響の結果を示す。QT dispersionはPTCAにより 75 ± 36 msecから 51 ± 21 msecまで低下傾向が認められ, 再狭窄により 78 ± 8 msecまで再度有意の増加が認められた。一方, 図3bのごとく非再狭窄症例ではQT dispersionはPTCAにより 70 ± 37 msecから 54 ± 18 msecまで有意の低下が認められ, 再狭窄を認めなかったことに伴い 48 ± 15 msecの低値にとどまっ

図2 QT dispersionの再現性

表2 PTCAのQT dispersionおよびQT間隔に及ぼす影響

	QT Dispersion (ms)	Maximum QT Interval (ms)	Minimum QT Interval (ms)
陳旧性心筋梗塞非合併例 (n=24)	73 $\pm$ 35 / 51 $\pm$ 18*	416 $\pm$ 48 / 404 $\pm$ 41	332 $\pm$ 70 / 353 $\pm$ 35*
陳旧性心筋梗塞合併例 (n=17)	73 $\pm$ 25 / 69 $\pm$ 22	420 $\pm$ 31 / 409 $\pm$ 29	346 $\pm$ 33 / 341 $\pm$ 32

(mean $\pm$ SD, PTCA前 / PTCA後、*p<0.05 vs PTCA前)

ていた。図4に陳旧性心筋梗塞非合併群で初回PTCAによりQT dispersionが低下し、再狭窄により再度増加をきたした症例を示した。本症例では図4aのごとく前下行枝に有意狭窄を有しPTCAを施行した。しかし、同部位の再狭窄を認めた。この時の12誘導心電図のQT dispersionを調べると、図4bのごとく初回PTCAによるQT dispersionの低下および再狭窄時のQT dispersionの増加は、主に最小QT時間の変化によるものであった。

Ⅲ. 考 案

本研究ではPTCAの再狭窄診断に運動負荷心電図が有用であることが示唆された。研究1の本症例群

では約80%が1枝障害の冠動脈疾患であり、かつ陳旧性心筋梗塞症例を含まない症例であった。これまでの報告では、初期の報告^{12)~15)}を除き、PTCAの再狭窄における運動負荷試験の役割は限られたものであるとの報告が多かった^{1)~3)}。本研究でも虚血性ST下降の再狭窄診断の感度および特異度は、冠動脈疾患を診断する際の標準運動負荷試験の感度および特異度^{16), 17)}に近い。したがって、PTCAの適用となるようなhigh risk症例の診断率としてはやや低値といえる。しかし、1枝障害の冠動脈疾患例では運動負荷試験は再狭窄診断に有用との報告もあり¹⁸⁾、本研究の成績に一致する。本研究では対象症例が選択された特殊な症例群である。PTCAの再狭窄診断にお

a

b

図3 陳旧性心筋梗塞(OMI)非合併例におけるPTCAおよび再狭窄のQT dispersionに及ぼす影響

a: 再狭窄症例のQT dispersionの変化

b: 非再狭窄症例のQT dispersionの変化

ける通常の運動負荷心電図の役割は、やはりこれまでの報告を考慮すると限られたものと考えられる。HamasakiらはST/HR indexを用いると再狭窄診断率が向上すると報告している¹⁹⁾。また、Aytemirら²⁰⁾は運動負荷試験においてQT dispersionと虚血性ST下降を加えると再狭窄診断によいと報告している。運動負荷心電図でPTCAの再狭窄診断においては、これらの新しい指標を加えることが必要と考えられる。

また、通常の運動負荷試験における虚血性ST下降の診断率が低い理由の1つとして、冠動脈造影による再狭窄診断をgold standardとしていることの限界も考えられる。図5は本研究症例のうち運動負荷試験で陽性でありながら再狭窄なしと診断された症例であるが、血管内超音波(IVUS)を用いると冠動脈血管内腔の狭小化が認められ、再狭窄ありと診断される。症例によっては、再狭窄診断のgold

a

b

図4 61歳，男性例，再狭窄症例のQT dispersionの変化

a：再狭窄症例の冠動脈所見，F/U：再狭窄評価時冠動脈造影。

b：再狭窄症例のQT dispersionの変化。

standardに冠動脈造影を用いていることにも問題があることが示唆される。

陳旧性心筋梗塞合併群では有意の変化が認められず，陳旧性心筋梗塞非合併群においてのみPTCAは有意にQT dispersionを低下せしめた。また，陳旧性心筋梗塞合併群では再狭窄とQT dispersionの変化が一致する傾向が認められた。これらはおもに最小QT時間の有意の延長および短縮によるものであった。これらの所見は，Kellyら⁴⁾やYunusら⁹⁾の報告に一致する。一般に心筋虚血はATP感受性Kチャネルの活性による活動電位の短縮をきたし最小QT時間の短縮を起こすと報告されている²¹⁾。これにより心筋虚血はQT dispersionの増加をきたしうると考えられる。しかし，心筋の壁運動異常によってもQT時間の変化が起こるとも報告されており²²⁾，単一の機序では説明できないと考えられる。いずれにしてもPTCAによる心筋虚血の改善が増加したQT

図5 再狭窄評価時の冠動脈造影所見と血管内超音波所見
A：冠動脈造影所見，B：狭窄部近位部，C：狭窄部，D：狭窄部遠位部

dispersionを低下させる機序と考えられる。

一方，陳旧性心筋梗塞合併群ではPTCAによる影響は有意ではなかった。この原因は不明であるが，壊死心筋のQT時間への影響がPTCAの効果をマスクした可能性が考えられる。PTCAのQT dispersionへの効果および再狭窄診断における役割は陳旧性心筋梗塞非合併虚血性心疾患例においてより著明に認められることが示唆される。

IV. ま と め

PTCA再狭窄診断における運動負荷心電図および，標準12誘導心電図より求めたQT dispersionの有用性が示唆される。しかし，多枝冠動脈疾患における運動負荷心電図診断や陳旧性心筋梗塞合併例におけるQT dispersionの評価には注意を要すると考えられる。

〔文 献〕

- 1) Rosanio S, Tocchi M, Stouffer GA : Use of stress testing to evaluate patients with recurrent chest pain after percutaneous coronary revascularization. *Am J Med Sci*, 1998 ; 316 : 46～52
- 2) Manyari DE, Vladimir D : Stress testing after percutaneous coronary interventions. *Can J Cardiol*, 2000 ; 16 : 734～738
- 3) Vlay SC, Chernilas J, Lawson WE, Dervan JP : Restenosis after angioplasty : Don't rely on the exercise test. *Am Heart J*, 1989 ; 117 : 980～986
- 4) Kelly RF, Parillo JE, Hollenberg SM : Effect of coronary angioplasty on QT dispersion. *Am Heart J*, 1997 ; 134 : 399～405
- 5) Zabel M, Klingenhagen T, Franz MR, Hohnloser SH : Assessment of QT dispersion for prediction of mortality or arrhythmic events after myocardial infarction : results of a prospective, long-term follow-up study. *Circulation*, 1998 ; 96 : 2543～2550
- 6) Stierle U, Giannitsis E, Sheikhzadeh A, Kruger D, Schmucker G, Mitusch R, Potratz J : Relation between QT dispersion and the extent of myocardial ischemia in patients with three-vessel coronary artery disease. *Am J Cardiol*, 1998 ; 81 : 564～568

- 7) Sporton SC, Taggart P, Sutton PM, Walker JM, Hardman SM : Acute ischemia : a dynamic influence on QT dispersion. *Lancet*, 1997 ; 349 : 306 ~ 309
- 8) Naka M, Shiotani I, Koretsune Y, Imai K, Akanatsu Y, Hishida E, Kinoshita N, Katsube Y, Sato H, Hori M : Occurrence of sustained increase in QT dispersion following exercise in patients with residual myocardial ischemia after healing of anterior wall myocardial infarction. *Am J Cardiol*, 1997 ; 80 : 1528 ~ 1531
- 9) Yunus A, Gillis AM, Traboulsi M, Duff HJ, Wyse DG, Kundtson ML, Mitchell B : Effect of coronary angioplasty on precordial QT dispersion. *Am J Cardiol*, 1997 ; 79 : 1339 ~ 1342
- 10) Endoh Y, Kasanuki H, Ohnishi S, Shibata N, Hosoda S : Influence of early coronary reperfusion on QT interval dispersion after acute myocardial infarction. *PACE*, 1997 ; 20 : 1646 ~ 1653
- 11) Bland JM, Altman DG : Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurements. *Lancet*, 1986 ; I : 307 ~ 310
- 12) Raghaven C, Dhawan RJ, Taylor RJ, Bennett RH : Safety and predictive value of exercise stress testing within three days after percutaneous transluminal coronary angioplasty. *Indian Heart J*, 1991 ; 43 : 89 ~ 92
- 13) Kent KM, Bonow RO, Rosing DR, Ewels CJ, Lipson LC, McIntosh CL, Bacharach S, Green M, Epstein SE : Improved myocardial function during exercise after successful percutaneous transluminal coronary angioplasty. *N Engl J Med*, 1982 ; 306 : 441 ~ 446
- 14) Deligonul U, Vandormael MG, Shah Y, Galan K, Kern MJ, Chaitman BR : Prognostic value of early exercise stress testing after successful coronary angioplasty : Importance of the degree of revascularization. *Am Heart J*, 1989 ; 177 : 509 ~ 514
- 15) Thomas ES, Most AS, Williams DO : Objective assessment of coronary angioplasty for multivessel disease : Results of exercise stress testing. *J Am Coll Cardiol*, 1988 ; 11 : 217 ~ 222
- 16) Gianrossi R, Detrano R, Mulvihill D, Lehmann K, Dubach P, Colombo A, McArthur D, Froelicher V : Exercise-induced ST depression in the diagnosis of coronary artery disease : a meta-analysis. *Circulation*, 1989 ; 80 : 87 ~ 98
- 17) Detrano R, Gianrossi R, Froelicher V : The diagnostic accuracy of the exercise electrocardiogram : a meta-analysis of 22 years of research. *Prog Cardiovasc Dis*, 1989 ; 32 : 173 ~ 206
- 18) Malekianpour M, Rodes J, Cote G, Juneau M, Bonan R, Lesperance J, Couturier A, Tardif JC : Value of exercise electrocardiography in the detection of restenosis after coronary angioplasty in patients with one-vessel disease. *Am J Cardiol*, 1999 ; 84 : 258 ~ 263
- 19) Hamasaki S, Abematsu H, Arima S, Tahara M, Kihara K, Shono H, Nakao S, Tanaka H : A new predictor of restenosis after successful percutaneous transluminal coronary angioplasty in patients with multivessel coronary artery disease. *Am J Cardiol*, 1997 ; 80 : 411 ~ 415
- 20) Aytemir K, Ozer N, Aksoyek S, Ozkutlu H, Oto A, Ozmen F : QT dispersion plus ST-segment depression : A new predictor of restenosis after successful percutaneous transluminal coronary angioplasty. *Clin Cardiol*, 1999 ; 22 : 409 ~ 412
- 21) Yan GX, Yamada KA, Kleber AQ, McHowat J, Corr PB : Dissociation between cellular K⁺ loss, reduction in repolarization time, and tissue ATP levels during myocardial hypoxia and ischemia. *Circ Res*, 1993 ; 72 : 560 ~ 570
- 22) Dean JW, Lab MJ : Arrhythmia in heart failure : Role of mechanically induced changes in electrophysiology. *Lancet*, 1989 ; 333 : 1309 ~ 1311