

プレッシャーワイヤーガイドによる 暫定ステント植え込み法

Pressure Wire Guide Provisional Coronary Stent Implantation

中村 茂
安齊 均^{*1}
高木 拓郎^{*2}
手塚 尚紀^{*2}
中島林太郎^{*2}
稲葉 伸之^{*3}
谷川 淳
中川 厚^{*4}
北野 勝也
高橋 英介
的場 芳樹
加藤 修

Shigeru NAKAMURA, MD
Hitoshi ANZAI, MD^{*1}
Takuro TAKAGI, MD^{*2}
Naoki TEZUKA, MD^{*2}
Rintaro NAKAJIMA, MD^{*2}
Nobuyuki INABA, ME^{*3}
Jun TANIGAWA, MD
Atsushi NAKAGAWA, MD^{*4}
Katsuya KITANO, MD
Hideyuki TAKAHASHI, MD
Yoshiki MATOBA, MD
Osamu KATOH, MD

Abstract

Objectives. Whether coronary artery lesion successfully dilated by balloon angioplasty should be stented or not is unclear. The purpose of this study is to evaluate the provisional stent implantation method assessing residual ischemia by pressure wire.

Methods. Thirty-one patients with de-novo lesions suitable for stenting were enrolled in a pressure wire guided provisional stent study. The pressure wire was used to assess the fractional flow reserve (FFR) before and after balloon angioplasty. When the FFR after angioplasty was less than 0.75, stent implantation was planned. Patients with lesions consisting of an intermediate stenosis proximal to the target lesion, chronic total occlusion, bypass graft and left main lesion were excluded from the study. Stent implantation was permitted even if the FFR was more than 0.75 when the operator thought stenting was necessary. Medical treatment was given with aspirin 162 mg/day, cilostazol 200 mg/day for 6 months and additional ticlopidine 200 mg/day for a month after stenting the lesion.

Results. Target vessel was the left anterior descending coronary artery in 19 lesions, the right coronary artery in 3, and the circumflex coronary artery in 9. Stent implantation was performed in seven (23%) of 31 lesions and the other 24 (77%) lesions were treated with only balloon angioplasty. The FFR before intervention was 0.58 ± 0.16 , and improved to 0.87 ± 0.07 ($p < 0.0001$). Percentage diameter stenosis before intervention was $70.7 \pm 12.6\%$ and improved to $20.1 \pm 13.3\%$ ($p < 0.0001$) after intervention. There was no major cardiac event (death, coronary artery bypass grafting, myocardial infarction, stent thrombosis). Six months follow-up angiography was performed in 27 patients (87%). Angiographic restenosis (percentage diameter stenosis $\geq 50\%$) was found in four patients (15%). A new lesion was found in two patients. Target vessel revascularization was performed in six patients (21%).

Conclusions. Lesions successfully dilated by balloon angioplasty with $FFR \geq 0.75$ do not require stenting.

J Cardiol 2001; 37(4): 191-199

京都桂病院心臓血管センター 内科: 〒615-8256 京都市西京区山田平尾町17; ^{*1}石心会狭山病院 循環器内科, 埼玉; ^{*2}東邦大学附属大橋病院 第三内科, 東京; ^{*3}総合太田病院 臨床工学部, 群馬; ^{*4}大阪医科大学 第一内科, 大阪

Division of Internal Medicine, Kyoto Katsura Hospital Cardiovascular Center, Kyoto; ^{*1}Division of Cardiology, Sayama Hospital, Saitama; ^{*2}The Third Department of Internal Medicine, Ohashi Hospital, Toho University School of Medicine, Tokyo; ^{*3}Division of Medical Engineering, Ohta General Hospital, Gunma; ^{*4}The First Department of Internal Medicine, Osaka Medical College, Osaka

Address for correspondence: NAKAMURA S, MD, Division of Internal Medicine, Kyoto Katsura Hospital Cardiovascular Center, Yamada Hirao-cho 17, Nishikyo-ku, Kyoto 615-8256

Manuscript received September 4, 2000; revised January 18, 2001; accepted January 19, 2001

ME = medical engineer

Key WordsCoronary artery disease
Coronary circulation

Stent

Angioplasty

Ischemia

はじめに

動脈硬化性冠動脈疾患に対するステント治療は、バルーンによる冠動脈形成術よりも再狭窄率の減少効果が認められ^{1,2)}、右肩上がり増加している。日本における冠動脈ステント植え込み術は、1998年の冠動脈インターベンションの52%を占めるまでになり³⁾、今後も増加すると考えられる。冠動脈ステント植え込み術の再狭窄率は15-30%⁴⁻⁶⁾と報告されているが、ステント植え込みの対象となる病変は血管径3.0mm以上が主であり⁷⁾、冠動脈形成術の全体像を反映しているわけではない。

これまでのバルーンによる冠動脈形成術の再狭窄率は約40%と報告されているが⁸⁻¹⁰⁾、逆に考えると60%の患者はバルーンのみで再狭窄を起こさないことになる。

通常、ステント植え込み前にバルーンによる前拡張を行うが、この時点で良好な内径が得られた病変にステントを植え込む必要があるか否かは疑問である。バルーンのみでの拡張でも、ステントを植え込んだような良好な結果が得られた病変では、遠隔期の心事故が少ないとの報告もある¹¹⁾。

一方、心筋虚血の評価には核医学的検査、運動負荷心電図が用いられるが、カテーテル検査時に、ガイドワイヤー先端に圧センサーを持つプレッシャーワイヤーや、ドップラー端子が付いたワイヤーを用い、冠血流予備能を測定することで虚血の評価が可能になっている¹²⁻¹⁴⁾。そこで、通常のバルーンによる冠動脈形成術を行い、プレッシャーワイヤーによる測定で残存虚血が存在する場合のみにステントを植え込めば、バルーンとステントの有効利用が可能と考えられる。

本研究の目的は、ステント植え込み適応病変にバルーンによる冠動脈形成術を行い、大きな解離がなく病変狭窄率が50%未満の良好な結果が得られた時点で心筋部分血流予備能を測定し、心筋部分血流予備能が0.75未満の場合はステント植え込みに変更することにより、ステント利用率、対象病変全体としての再狭窄率を明らかにすることにある。

対象と方法

1. 対象

1997年8月-1999年5月の間に総合太田病院と京都桂病院で、心筋虚血の自覚または他覚所見を有する動脈硬化性冠動脈疾患31例を対象とした。治療に先立ち、口頭で本研究の内容を説明し、全例で合意を得た。対象病変は血管径が目測3.0mm以上の初回病変で、15mmのステント2本で被覆される病変の長さをステント適応病変とし、病変中枢側に25%を超える狭窄がある場合、および完全閉塞病変、静脈グラフト、左主幹部病変、再狭窄病変は除外した。

2. 方法

カテーテル治療は6Fガイドカテーテルを用いた通常のJudkins法で行い、大腿動脈または橈骨動脈に6Fシースを挿入後、ヘパリン100U/kgを投与後施行した。冠動脈造影は、イソソルピド二硝酸塩2.5mgを冠動脈に注入後、多方向から撮影して評価した。

冠内圧測定装置は0.014inのRadi Medical製Pressure GuideまたはCardiometrics製WaveWireを用いた。プレッシャーワイヤーの精度は、マノメーター圧との比較で $y = 0.863 + 1.001x$ ($r^2 = 0.999$, $p < 0.0001$)と良好な相関が得られている¹⁵⁾。冠動脈形成術施行直前に、ガイドカテーテル圧とプレッシャーワイヤー圧を等しくするため、カテーテル先端を上行大動脈内に置き、ワイヤーセンサー部をガイドカテーテル先端部に一致させて同時圧を記録した。圧格差が1mmHg以内になるように設定し、その後、通常の冠動脈形成術と同様にワイヤーを冠動脈内に進め、圧センサーを病変末梢約2cmに位置させた。

心筋部分血流予備能の測定は、薬物負荷最大充血時の冠動脈内平均圧を大動脈平均圧で除した最小値として求めた。最大充血は、左冠動脈ではアデノシン三リン酸50 μ g、右冠動脈では30 μ gを冠動脈内に投与後⁶⁾、生理的食塩水5mlでフラッシュして作成した。測定時にガイドカテーテル先端が冠動脈に楔入しない位置まで引き戻した。

造影像から判断した至適サイズのパルーンで病変拡張を行い、大きな解離がなく病変狭窄率が50%未満の良好な結果が得られた時点、または合計拡張時間が300秒になった時点で、再度、心筋部分血流予備能を計測した。その値が0.75未満の場合はステント植え込みに変更した。また0.75以上であっても、術者が治療上必要と判断した場合はステント利用を可能とし、ステント植え込み後の最終心筋部分血流予備能を計測した。使用ステントはガイダント製 multilink ステント(長さ15mm)に限定した。

薬物療法: 術前日よりアスピリン 162mg/day, シロスタゾール 200mg/day を6ヵ月後まで継続投与した。ステント植え込み例では、チクロピジン 200mg/day を術直後から1ヵ月間追加投与した。術後の持続ヘパリン投与は行わなかった。

定量的冠動脈造影: フィリップス製インテグリス H3000, または H5000 冠動脈造影装置に装備されている血管径自動解析装置により自動辺縁トレース法を用いて行った。病変短縮の少ない角度の拡張期フレームから治療前、治療後、追跡造影時の撮影角度を一致させ、対照部血管径、最小血管径、径狭窄率、病変長、パルーン径を測定した。パルーン径は手技中に使用した最大径のパルーンを、最大気圧で拡張中の最小径とした。パルーン血管径比はパルーン径を対照部血管径で除した値とした。

定義: 手技成功は治療後の狭窄率が50%未満で、院内合併症(死亡, Q波心筋梗塞, 緊急バイパス術)の発生がない場合とした。

全例6ヵ月後の追跡冠動脈造影を予定した。

3. 統計解析

連続変数の表記は平均±標準偏差とし、2群間の比較はt検定を用いた。相関は直線回帰分析を用いた。統計処理はStatView-J 5.0(SAS Institute Inc.)を用い、Windows 98システム上で解析を行った。p<0.05を有意差と判定した。

結 果

対象症例数は31例、男性27例(87%)、平均年齢61±9歳、不安定狭心症は8例(25%)であった。そのほか冠危険因子、患者背景を(Table 1)に示す。標的血管は左前下行枝19病変、右冠動脈3病変、回旋枝9

Table 1 Patient profile

Number of patients	31
Male	27(87%)
Age(yr)	61±9(range 46-88)
Unstable angina	8(25%)
CCS angina classification	
I	22(71%)
II	9(29%)
Old myocardial infarction	12(38%)
CABG	0
Hypertension	8(25%)
Diabetes mellitus	4(13%)
Hyperlipidemia	16(51%)
Family history	6(19%)
Smoking	16(52%)
Multivessel disease	9(29%)
Left ventricular ejection fraction(%)	67±11(range 46-84)

Continuous values are mean ± SD.

CCS = Canadian Cardiovascular Society; CABG = coronary artery bypass grafting.

病変であった。病変部位は入口部4病変、近位部10病変、中間部15病変、末梢2病変で、梗塞責任血管は5病変含まれていた。American College of Cardiology/American Heart Association(ACC/AHA)による病変分類はそれぞれA型が6病変、B1型が8病変、B2型が11病変、C型が6病変であった(Table 2)。使用パルーン径は3.40±0.40(2.5-4.0)mm、定量的冠動脈造影法による実測パルーン径は3.10±0.65mm、パルーン血管径比は1.03±0.20であった。ステント植え込み前のパルーン拡張圧は9.9±2.7気圧、平均病変長は14.80±4.65mmであった(Table 3)。

冠動脈形成術31例中24例(77%)はパルーンのみで終了し、7例(23%)にステント植え込みが行われた。プレッシャーワイヤーによる病変圧較差は術前31.9±17.0mmHg、治療後7.6±5.3mmHg(p<0.0001)、心筋部分血流予備能は術前0.58±0.16から術後0.87±0.07(p<0.0001)に改善した。

ステント植え込みが行われた7病変の内訳は、1病変で心筋部分血流予備能は0.70、他の4病変では0.75以上であったが、血管造影像と臨床的判断に基づきステントが植え込まれた。計測が行われなかった2例のうち、1例は左主幹部に逆行する解離であったため、ただちにステント植え込みを行い、他の1例はワイ

Table 2 Lesion location and characteristics(n = 31)

Treated vessel	
Left anterior descending coronary artery	19(61)
Right coronary artery	3(10)
Circumflex coronary artery	9(29)
Location in vessel	
Ostial	4(13)
Proximal	10(32)
Middle	15(48)
Distal	2(6)
Infarct related artery	5(16)
ACC/AHA lesion characterization	
Type A	6(19)
Type B1	8(26)
Type B2	11(35)
Type C	6(19)

() %.

ACC/AHA = American College of Cardiology/American Heart Association.

Table 3 Procedure characteristics

Balloon size(mm)	3.40 ± 0.40(range 2.5 - 4.0)
QCA balloon(mm)	3.10 ± 0.65
Balloon/vessel ratio by QCA	1.03 ± 0.20
Balloon pressure(atm)	9.9 ± 2.7(except stenting)
Lesion length(mm)	14.80 ± 4.65

Values are mean ± SD.

QCA = quantitative coronary angiography.

ヤーの故障で計測不能であった。造影からの判断でステントが植え込まれた理由は、急性冠閉塞時に重篤になることが予想される左前下行枝入口部の解離が3例と、冠閉塞の危険が高い血管内に突出するフラップおよび不十分拡張の3例であった(Fig. 1)。

入院中の主要合併症はなく、冠動脈形成術は全例成功し、1ヵ月以内の血栓性閉塞も認められなかった。6ヵ月追跡造影は27例(87%)で施行され、再造影までの平均期間は6.8 ± 3.2ヵ月であった。追跡造影ができなかった症例は4例で、症状がないため造影を拒否した2例と連絡不能の2例であった。

再狭窄(狭窄率50%以上)は4例(15%)に認められ、病変部に再狭窄は認められなかったが、新規病変の出現を2例に認め、標的血管の再冠動脈形成術は29例

Table 4 Follow-up results

Clinical events(MI, death, CABG, stent thrombosis)	0
Angiographic six-month follow-up	27(eligible 87%)
Follow-up(months; mean ± SD)	6.8 ± 3.2
Restenosis	15%(4/27)
New lesion	7%(2/27)
Target vessel revascularization	21%(6/29)
POBA restenosis	10%(2/20)
Stent restenosis	29%(2/7)
Stent-related new lesions	29%(2/7)

MI = myocardial infarction; POBA = plain old balloon angioplasty. Other abbreviation as in Table 1.

中6例(21%)に行われた。バルーンのみで終了した病変の再狭窄率は10%であり、ステントが植え込まれた病変では29%であった(Table 4)。定量的冠動脈造影の結果を Table 5 に示す。定量的冠動脈造影法による対照部血管径は3.09 ± 0.58 mm。狭窄率は術前の70.7 ± 12.6%から術後の20.1 ± 13.3%に改善し($p < 0.0001$), 追跡造影時の狭窄率は32.6 ± 17.3%であった。冠動脈形成術後の心筋部分血流予備能と最小血管径、狭窄率との相関を Fig. 2 に示す。治療後の心筋部分血流予備能と最小血管径、狭窄率は相関を示さなかった。Fig. 3 に治療後の心筋部分血流予備能と追跡造影時の最小血管径、狭窄率との関係を示すが、両係数に相関は認められなかった。

考 察

カテーテルによる冠動脈形成術の主流は、バルーンからステントに移りつつある。この理由は再狭窄の予防効果もさることながら、チクロピジンの使用、高圧拡張法により、急性冠閉塞の率が1%台までに下がり¹⁷⁾、バルーン時代の4 - 7%^{18,19)}と比べると明らかに減少したことにある。またステントが利用できるようになり、冠動脈形成術から緊急バイパス術、死亡に至る例は著明に減少している^{20,21)}。しかし、バルーンによる冠動脈形成術でも、良好に拡張された場合はステント様結果(stent like result)といい、再狭窄を起ささない可能性が高いことが注目された¹¹⁾。また、ドップラーフローワイヤーガイドによるバルーン経皮的冠動脈形成術でも冠血流予備能が良好な例は、その後の心

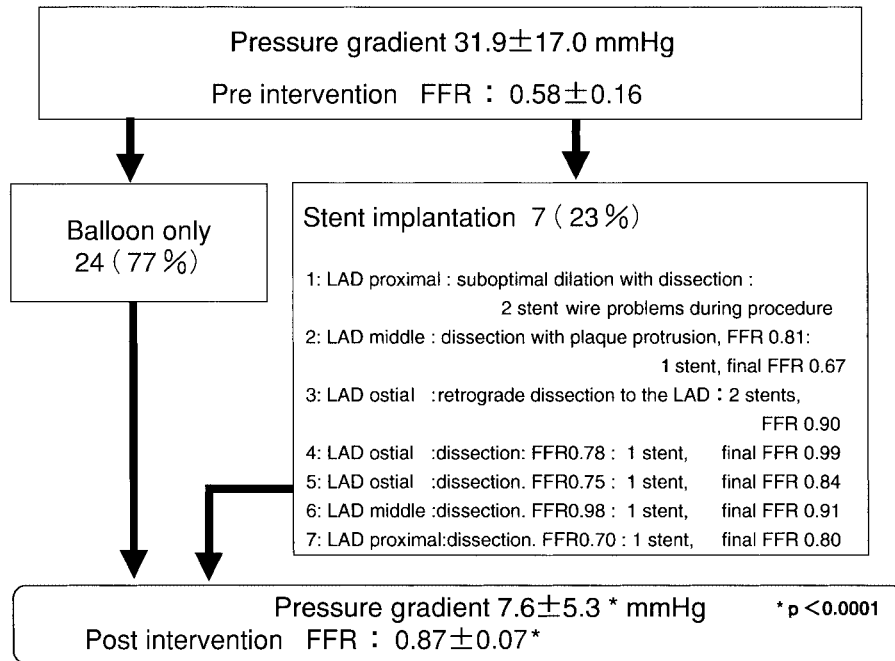


Fig. 1 Flow diagram of the pressure wire guide provisional stenting procedure
FFR = fractional flow reserve; LAD = left anterior descending coronary artery.

Table 5 Quantitative coronary angiography

	Baseline	Post	Follow-up
Reference diameter(mm)	3.09 ± 0.58	3.28 ± 0.68 *	3.25 ± 0.49
Minimum lumen diameter(mm)	0.92 ± 0.39	2.62 ± 0.66 **	2.21 ± 0.69 *
Percentage diameter stenosis(%)	70.7 ± 12.6	20.1 ± 13.3 **	32.6 ± 17.3

Values are mean \pm SD. *p < 0.05, **p < 0.01.

事故が少ないことが報告されている¹⁴⁾。バルーンで良好に拡張された場合は造影でも比較的判断しやすいが、バルーンによる拡張時に、血管解離が生じる率は約30%あり、造影のみから内腔を判断することは困難である²²⁾。そこで造影とは別の評価法として、プレッシャーワイヤー、ドップラーフローワイヤー、血管内超音波を併用する方法がある^{12,23)}。血管内超音波では、内腔面積 3.0mm^2 未満が虚血を生じる内腔面積と報告されている²⁴⁾。最近の冠動脈形成術は、橈骨動脈から行われることもあり、ガイドカテーテルの径は、経大腿動脈時代の標準サイズであった8Fから小径化され、6F・5Fのカテーテルが用いられるようになってきている。小径のカテーテルでは血管内超音波の使

用が不可能な場合があるが、ワイヤーを挿入して狭窄を評価する方法にはほとんど制限がない。しかし、ドップラーフローワイヤーによる冠血流計測は、血圧や末梢血管抵抗の影響を受けやすいこと、また梗塞責任血管での評価は難しいこと、技術的にも冠血流の中心流シグナルを得るのに時間を要する場合がある。一方、プレッシャーワイヤーは血圧や梗塞巣などの影響を受けにくい²⁵⁾といわれるが、梗塞責任血管での評価は確立されていないとの報告も認められる²⁶⁾。本研究での治療後の心筋部分血流予備能と最小血管径、狭窄率に相関は認められず、カテーテル治療後の造影像と生理学的評価との関連が低いことが示唆された。治療後の心筋部分血流予備能が追跡造影時の定量的冠動脈

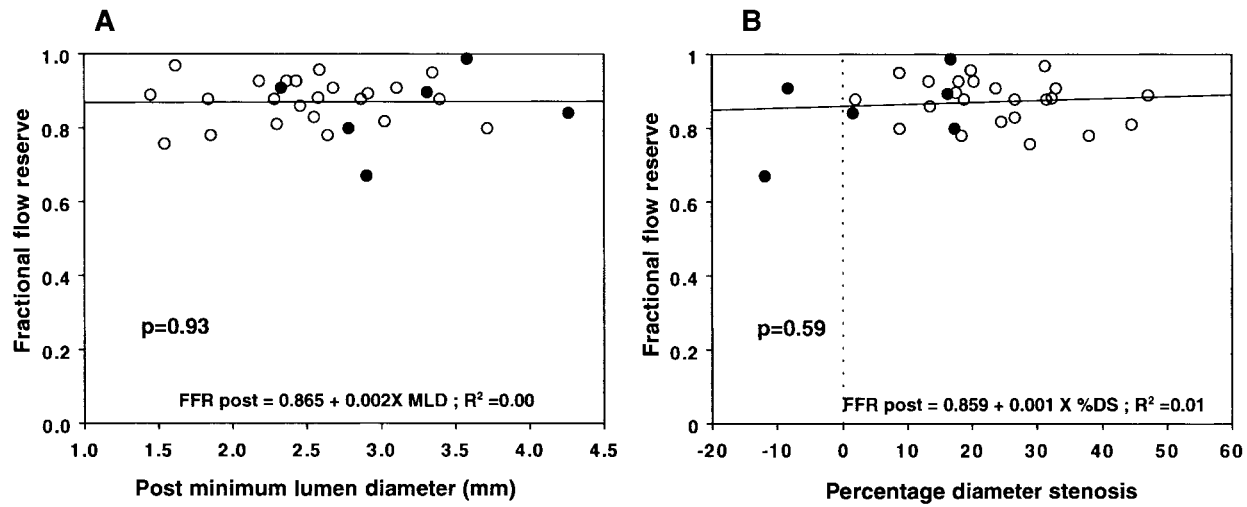


Fig. 2 Correlation between post intervention myocardial fractional flow reserve and quantitative coronary angiography parameters
 : With stent. : Without stent.
 MLD = minimum lumen diameter; %DS = percentage diameter stenosis. Other abbreviation as in Fig. 1.

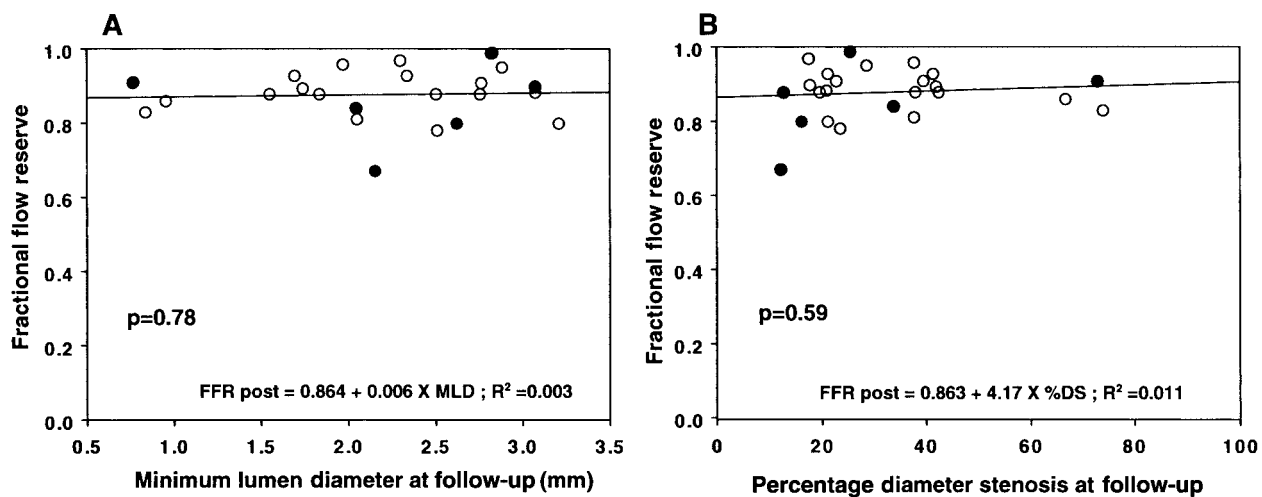


Fig. 3 Correlation between post intervention myocardial fractional flow reserve and follow-up quantitative coronary angiography parameters
 : With stent. : Without stent.
 Abbreviations as in Figs. 1, 2.

造影法データを予測可能か否かを知るために両者の相関関係の有無を調べたが、心筋部分血流予備能から遠隔期の血管径を予測するのは困難と考えられた。

ステントは再狭窄減少効果があるが、まったく消失したわけではなく、とくにび慢性の再狭窄が生じた場合は、再冠動脈形成術後も再々狭窄になる率は50%を超える^{27,28)}。再狭窄の予測因子はステントの長さ

報告されており^{29,30)}、抗凝固療法を中止した初期には病変を完全に被覆しないと血栓性閉塞の危険が高いと考え、病変長より長いステントを植え込んでいた¹⁷⁾。しかし最近では、バルーン拡張後に病変を血管内超音波で観察し、残存狭窄部のみにステントを植え込むことで、再狭窄減少効果があることも示されている³¹⁾。

ステントの使用を減らす目的で、拡張不十分であつ

た場合にステントを植え込む暫定的ステント植え込み法では、12-37%が解離のためステント植え込みに変更されることから³²⁻³⁴⁾、医療費削減効果も認められている³²⁾。逆にバルーンのみで終わった症例は再狭窄のため、遠隔期での再冠動脈形成術の率が高くなり、当初の医療費削減効果がなくなることから、初めからステントを植え込んだほうがよいという報告もみられる³⁴⁾。本研究ではバルーンのみで77%が終了でき、バルーンで終了した病変の再狭窄率は10%と良好であり、全体としての再狭窄率は15%であった。バルーンによる冠動脈形成術後の造影像に、冠血流予備能を加えることで、2つの方法での評価が可能になり、現実性が増したと考えられた。ステント植え込み例では、再狭窄率が高かったが、ステント植え込みに至った例では病変が硬く、解離が形成されやすかったことから、血管全体に病的変化が生じているとも考えられる。ステントの2例で新規病変の出現があり、最終的な再治療率は21%であった。新規病変の出現は2例とも標的病変より近位部であり、ワイヤー先端による血管損傷の可能性は否定的であるが、通常より高率であった。病変が連続するような部位でのプレッシャーワイヤーによる評価方法は現時点で確立されていない

め³⁵⁾、研究の対象となった病変は、ACC/AHA病変分類のA型、B1型が約半数を占め、比較的単純な病変が多く含まれたため、再狭窄率が低かったと考えられる。ステント植え込みに変更された病変は、解離やフラップの発生であり、5例中4例で心筋部分血流予備能は0.75以上であった。このことから、これらの病変ではプレッシャーワイヤーがステント植え込み決定の主な判定に使用されたとはいえなかった。バルーンによる冠動脈形成術後の心筋部分血流予備能は0.90以上とすべき報告もあり³⁶⁾、ステント植え込みの基準を0.80、0.90と上昇させれば、ステント植え込みの比率は上がる。しかし、本研究では心筋部分血流予備能の基準を、虚血を解除しうる一番低い0.75に設定したが、良好な結果であった。Multilinkステントを選択した理由は、現時点で最も再狭窄率が低いと考え選択した³⁷⁾。

結 語

比較的近位部の非複雑ステント適応病変では、バルーンによる冠動脈形成術のみでも、大きな解離がなく良好な拡張と心筋部分血流予備能が0.75以上であれば、ステントを植え込む必要はない。

要 約

目 的: 冠動脈形成術で良好に拡張された病変にステントを植え込む必要があるかは疑問である。そこでプレッシャーワイヤーを用いて残存虚血を確認することにより、ステント植え込みの適応基準を明らかにすることにした。

方 法: ステント植え込み適応のある初回病変に、プレッシャーワイヤーを用い、暫定的ステント植え込みを行った。バルーンによる冠動脈形成術の前後で心筋部分血流予備能を測定し、冠動脈形成術後の心筋部分血流予備能が0.75未満の場合は、ステント植え込みに変更した。また0.75以上であっても術者が必要と判断した場合にはステント利用を可能とした。病変中枢側に25%を超える狭窄がある場合、完全閉塞病変、静脈グラフト、左主幹部病変、再狭窄病変は除外した。治療上ステントが必要と判断された場合は使用を可能とした。アスピリン162mg/day、シロスタゾール200mg/dayを6ヵ月間継続し、ステント植え込み例ではチクロピジン200mg/dayを1ヵ月間追加した。

結 果: 対象は31例で、標的血管は左前下行枝19病変、右冠動脈3病変、回旋枝9病変であった。24例(77%)はバルーンのみで終了し、7例(23%)にステント植え込みが行われた。心筋部分血流予備能は術前の 0.58 ± 0.16 から術後の 0.87 ± 0.07 ($p < 0.0001$)に改善した。心事故(死亡、バイパス術、心筋梗塞、ステント血栓性閉塞)は1例も認められなかった。6ヵ月追跡造影は27例(87%)で施行された。再狭窄(狭窄率50%以上)は4例(15%)に認められ、病変部に再狭窄は認められなかったが、新規病変の出現を2例に認め、標的血管の再冠動脈形成術は6例(21%)に行われた。

結 語: バルーンによる冠動脈形成術のみでも, 大きな解離がなく良好な拡張と心筋部分血流予備能が0.75以上であれば, ステントを植え込む必要はない..

J Cardiol 2001; 37(4): 191 - 199

文 献

- 1) Serruys PA, de Jaegere P, Kiemeneij F, Macaya C, Rutsch W, Heyndrickx G, Emanuelsson H, Marco J, Legrand V, Materne P, Belardi J, Colombo A, Goy JJ, van der Heuvel P, Delcan J, Morel M, for the Benestent Study Group: A comparison of balloon-expandable-stent implantation with balloon angioplasty in patients with coronary artery disease. *N Engl J Med* 1994; **331**: 489 - 495
- 2) Fischman DL, Leon MB, Baim DS, Schatz RA, Savage MP, Penn I, Detre K, Veltri L, Ricci D, Nobuyoshi M, Cleman M, Heuser R, Almond D, Teirstein PS, Fish RD, Colombo A, Brinker J, Moses J, Shaknovich A, Hirshfeld J, Bailey, S, Ellis S, Rake R, Goldberg, S, for the Stent Restenosis Study Investigators: A randomized comparison of coronary-stent placement and balloon angioplasty in the treatment of coronary artery disease. *N Engl J Med* 1994; **331**: 496 - 501
- 3) 日本心血管インターベンション学会学術委員会: 第8回日本心血管インターベンション学会学術委員会アンケート結果. *心血管インターベンション* 2000; **15**: 15 - 18
- 4) Hall P, Nakamura S, Maiello L, Almagor Y, Gaglione A, Goldberg SL, Tobis JT, Martini G, Tucci G, Di Maggio M, Colombo A: Clinical and angiographic outcome after Palmaz-Schatz stent implantation guided by intravascular ultrasound. *J Invasive Cardiol* 1995; **7**(Suppl A): 12A-22A
- 5) 中村 茂, 西田隆寛, 安斉 均, 當間弘子, 満尾和寿, 酒谷秀雄, 角田太郎, 小林延行, 宇井克人, 中村正人, 出川敏行, 山口 徹: ACS Multilink coronary stentの初期成績. *心血管インターベンション* 1997; **12**: 49 - 55
- 6) 安斉 均, 中村 茂, 松田健一, 原 久男, 高木拓郎, 原 英彦, 西田隆寛, 浅原俊之, 當間弘子, 満尾和寿, 莊光泰成, 角田太郎, 酒谷秀雄, 秋山達郎, 小林延行, 中村正人, 出川敏行, 山口 徹: Nirステントの初期および遠隔期成績. *心血管インターベンション* 1998; **13**: 43 - 50
- 7) Akiyama T, Moussa I, Reimers B, Ferraro M, Kobayashi Y, Blengino S, Di Francesco L, Finci L, Di Mario C, Colombo A: Angiographic and clinical outcome following coronary stenting of small vessels: A comparison with coronary stenting of large vessels. *J Am Coll Cardiol* 1998; **32**: 1610 - 1618
- 8) Holmes DR Jr, Vlietstra RE, Smith HC, Vetrovec GW, Kent KM, Cowley MJ, Faxon DP, Gruentzig AR, Kelsey SF, Detre KM, van Raden MJ, Mock MB: Restenosis after percutaneous transluminal coronary angioplasty(PTCA): A report from the PTCA Registry of the National Heart, Lung, and Blood Institute. *Am J Cardiol* 1984; **53**: 77C - 81C
- 9) Serruys PW, Luijten HE, Beatt KJ, Geuskens R, de Feyter PJ, van den Brand M, Reiber JH, ten Katen HJ, van Es GA, Hugenoltz PG: Incidence of restenosis after successful coronary angioplasty: A time-related phenomenon: A quantitative angiographic study in 342 consecutive patients at 1, 2, 3, and 4 months. *Circulation* 1988; **77**: 361 - 371
- 10) Nobuyoshi M, Kimura T, Nosaka H, Mioka S, Ueno K, Yokoi H, Hamasaki N, Horiuchi H, Ohishi H: Restenosis after successful percutaneous transluminal coronary angioplasty: Serial angiographic follow-up of 229 patients. *J Am Coll Cardiol* 1988; **12**: 616 - 623
- 11) Serruys PW, Azar AJ, Sigwart U, Rutsch W, De Jaegere P, Kiemeneij F, de Feyter P, van den Heuvel P, de Bruyne B, Legrand V, Morel M, on behalf of the Benestent Group: Long-term follow-up of "stent-like" (< 30% diameter stenosis post angioplasty: A case for provisional stenting. *J Am Coll Cardiol* 1996; **27**(Suppl A): 15A(abstr)
- 12) Pijls NHJ, De Bruyne B, Peels K, Van Der Voort PH, Bonnier HJ, Bartunek J, Koolen JJ: Measurement of fractional flow reserve to assess the functional severity of coronary-artery stenoses. *N Engl J Med* 1996; **334**: 1703 - 0708
- 13) Heller LI, Cates C, Popma J, Deckelbaum L, Joye JD, Dahlberg ST, Villegas BJ, Arnold A, Kipperman R, Grinstead WC, Balcom S, Ma Y, Cleman M, Steingart RM, Leppo JA, for the FACTS Study Group: Intracoronary Doppler assessment of moderate coronary artery disease: Comparison with ²⁰¹Tl imaging and coronary angiography. *Circulation* 1997; **96**: 484 - 490
- 14) Serruys PW, di Mario C, Piek J, Schroeder E, Vrints C, Probst P, de Bruyne B, Hanet C, Fleck E, Haude M, Verna E, Voudris V, Geschwind H, Emanuelsson H, Mühlberger V, Danzi G, Peels HO, Ford AJ Jr, Boersma E, for the DEBATE Study Group: Prognostic value of intracoronary flow velocity and diameter stenosis in assessing the short- and long-term outcomes of coronary balloon angioplasty: The DEBATE Study(Doppler Endpoints Balloon Angioplasty Trial Europe). *Circulation* 1997; **96**: 3369 - 3377
- 15) 稲葉伸之, 新井宣孝, 椎名盛一, 八木伸宏, 手塚尚紀, 高木拓郎, 小塚浩一, 安斎 均, 中村 茂, 佐藤恭介: 圧力センサー付ガイドワイヤーを利用した大動脈弁狭窄症の圧較差の計測および精度評価. *心血管インターベンション* 1998; **13**(Suppl): 238(abstr)
- 16) Takeuchi M, Himeno E, Sonoda S, Nakashima Y, Kuroiwa A: Measurement of myocardial fractional flow reserve during coronary angioplasty in patients with old myocardial infarction. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1997; **42**: 19 - 25
- 17) Colombo A, Hall P, Nakamura S, Almagor Y, Maiello L, Martini G, Gaglione A, Golodberg SL, Tobis JM: Intracoronary stenting without anticoagulation accomplished with intravascular ultrasound guidance. *Circulation* 1995; **95**: 1676 - 1688
- 18) Bredlau CE, Roubin GS, Leimgruber PP, Douglas JS Jr, King SB, Gruentzig AR: In-hospital morbidity and mortality in patients undergoing elective coronary angioplasty.

- Circulation 1985; **72**: 1044 - 1052
- 19) de Feyter PJ, van den Brand M, Laarman GJ, van Domburg R, Serruys PW, Suryapranata H: Acute coronary artery occlusion during and after percutaneous transluminal coronary angioplasty: Frequency, prediction, clinical course, management, and follow-up. *Circulation* 1991; **83**: 927 - 936
- 20) Altmann DB, Raczyk M, Battleman DS, Bergman G, Spokojny A, Hannan EL, Sanborn TA: Reduction in angioplasty complications after the introduction of coronary stents: Results from a consecutive series of 2242 patients. *Am Heart J* 1996; **132**: 503 - 507
- 21) George BS, Voorhees WD, Roubin GS, Fearnot NE, Pinkerton CA, Raizner AE, King SB, Holmes DR, Topol EJ, Kereiakes DJ, Hartzler GO: Multicenter investigation of coronary stenting to treat acute or threatened closure after percutaneous transluminal coronary angioplasty: Clinical and angiographic outcomes. *J Am Coll Cardiol* 1993; **22**: 135 - 143
- 22) Nakamura S, Mahon DJ, Maheswaran B, Gutfinger DE, Colombo A, Tobis JM: An explanation for discrepancy between angiographic and intravascular ultrasound measurements after percutaneous transluminal coronary angioplasty. *J Am Coll Cardiol* 1995; **25**: 633 - 639
- 23) Kern MJ, de Bruyne B, Pijls NHJ: From research to clinical practice: Current role of intracoronary physiologically based decision making in the cardiac catheterization laboratory. *J Am Coll Cardiol* 1997; **30**: 613 - 620
- 24) Takagi A, Tsurumi Y, Ishii Y, Suzuki K, Kawana M, Kasanuki H: Clinical potential of intravascular ultrasound for physiological assessment of coronary stenosis: Relationship between quantitative ultrasound tomography and pressure-derived fractional flow reserve. *Circulation* 1999; **100**: 250 - 255
- 25) Pijls NHJ, de Bruyne B: Coronary pressure measurement and fractional flow reserve. *Heart* 1998; **80**: 539 - 542
- 26) Pijls NHJ, Kern MJ, Yock PG, de Bruyne B: Practice and potential pitfalls of coronary pressure measurement. *Catheter Cardiovasc Interv* 2000; **49**: 1 - 16
- 27) Kimura T, Tamura T, Yokoi H, Nobuyoshi M: Long-term clinical and angiographic follow-up after placement of Palmaz-Schatz coronary stent: A single center experience. *J Interv Cardiol* 1994; **7**: 129 - 139
- 28) Eltchaninoff H, Koning R, Tron C, Gupta V, Cribier A: Balloon angioplasty for the treatment of coronary in-stent restenosis: Immediate results and 6-month angiographic recurrent restenosis rate. *J Am Coll Cardiol* 1998; **32**: 980 - 984
- 29) Kobayashi Y, De Gregorio J, Kobayashi N, Akiyama T, Reimers B, Finci L, Di Mario C, Colombo A: Stented segment length as an independent predictor of restenosis. *J Am Coll Cardiol* 1999; **34**: 651 - 659
- 30) Kornowski R, Mehran R, Hong MK, Satler LF, Pichard AD, Kent KM, Mintz GS, Waksman R, Laird JR, Lansky AJ, Bucher TA, Popma JJ, Leon MB: Procedural results and late clinical outcomes after placement of three or more stents in single coronary lesions. *Circulation* 1998; **97**: 1355 - 1361
- 31) Moussa I, De Gregorio J, Di Mario C, Colombo A: The use of intravascular ultrasound and spot stenting for the treatment of long lesions and small vessels. *J Invasive Cardiol* 1999; **11**: 47 - 55
- 32) Rodriguez A, Ayala F, Bernardi V, Santaera O, Marchand E, Pardinac C, Mauvecin C, Vogel D, Harrell LC, Palacios IF: Optimal coronary balloon angioplasty with provisional stenting versus primary stent(OCBAS): Immediate and long-term follow-up results. *J Am Coll Cardiol* 1998; **32**: 1351 - 1357
- 33) Dangas G, Ambrose JA, Rehmann D, Marmur JD, Sharma SK, Hemdal-Monsen C, Sanborn TA, Fischman DL: Balloon optimization versus stent study(BOSS): Provisional stenting and early recoil after balloon angioplasty. *Am J Cardiol* 2000; **85**: 957 - 961
- 34) Weaver WD, Reisman MA, Griffin JJ, Buller CE, Leimgruber PP, Henry T, D Haem C, Clark VL, Martin JS, Cohen DJ, Neil N, Every NR: Optimum percutaneous transluminal coronary angioplasty compared with routine stent strategy trial(OPUS-1): A randomised trial. *Lancet* 2000; **355**: 2199 - 2203
- 35) De Bruyne B, Pijls NHJ, Heyndrickx GR, Hodeige D, Kirkeeide R, Gould KL: Pressure-derived fractional flow reserve to assess serial epicardial stenoses: Theoretical basis and animal validation. *Circulation* 2000; **101**: 1840 - 1847
- 36) Bech GJ, Pijls NH, De Bruyne B, Peels KH, Michels HR, Bonnier HJ, Koolen JJ: Usefulness of fractional flow reserve to predict clinical outcome after balloon angioplasty. *Circulation* 1999; **99**: 883 - 888
- 37) Emanuelsson H, Serruys PW, van Der Giessen WJ, Dawkins K, Rutsch W, Katus H, Morel MA, Veldhof S, Wijns W, Sigwart U: Clinical and Angiographic Results with the Multi-LinkS Coronary Stent System N The West European Stent Trial(WEST). *J Invasive Cardiol* 1997; **9**: 561 - 568