

64列マルチスライスコンピューター断層撮影による

冠動脈ステント内再狭窄診断の新しい定量法

氏名 吉村 将之

所属 山口大学大学院医学系研究科

応用医工学系専攻 器官病態内科学分野

平成26年6月

New quantitative method to diagnose coronary in-stent restenosis by 64-multislice computed tomography

64列マルチスライスコンピューター断層撮影による
冠動脈ステント内再狭窄診断のための新しい定量法

Masayuki Yoshimura, MD¹; Tomoko Nao, MD, PhD¹; Toshiro Miura, MD, PhD²;
Munemasa Okada, MD, PhD³; Yoshiteru Nakashima, MD, PhD⁴; Tatsuhiro Fujimura, MD⁵;
Takayuki Okamura, MD, PhD¹; Jutarō Yamada, MD, PhD¹; Naofumi Matsunaga, MD, PhD³;
Masunori Matsuzaki, MD, PhD⁶; Masafumi Yano, MD, PhD¹

1: Division of Cardiology, Department of Medicine and Clinical Science, Yamaguchi University
Graduate School of Medicine. 1-1-1 Minami-Kogushi, Ube 755-8505, Japan

2: Department of General Medicine, Tokuyama central hospital, Shunan, Japan

3: Department of Radiology, Yamaguchi University Graduate School of Medicine. Ube, Japan

4: Department of Radiology, Yamaguchi Grand Medical Center, Hofu, Japan

5: Hagi Civil Hospital, Hagi, Japan

6: St. Hill Hospital, Ube Japan

[要旨]

【背景】冠動脈ステント留置術は虚血性心疾患の治療に汎用される。ステント内再狭窄 (ISR) 検出のためには侵襲的冠動脈造影 (ICA) を行う必要があったが、合併症や経済的観点から非侵襲的検査が求められていた。近年マルチスライス CT は格段の進歩を遂げており、CT 冠動脈造影 (CTA) による ISR の評価について多くの研究が行われたが、ステントの金属アーティファクトなどの影響で、特に直径の小さいステントでは診断能が低下する。本研究の目的は、ISR を評価するために CT 値を用いた定量的方法を考案し、その精度を評価することである。

【方法および結果】ステント留置後の 45 人の患者 (79 病変) で 64 列 MDCT を用いて CTA を施行した。通常の視覚的評価を行うとともに、ステント留置部近位部の血管内腔の CT 値 (P) と遠位部の CT 値 (D) を測定し、以下の式よりステント内再狭窄指数 (SRI) を求めた。 $SRI = \{(P+D)/2 + \text{補正值}\}$ 、補正值 (ステント径 2.5mm : 200、3.0mm : 150、3.5mm : 100、4.0mm : 50)。ステント内部に SRI 値より低い CT 値を示す部位があれば ISR があると判定した。すべての患者で 1 ヶ月以内に ICA を施行し、50% 以上の狭窄を有意狭窄として CT の結果と比較検討を行った。

79 病変のうち、ISR は 11 病変 (14%) に認められた。視覚的評価における感度、特異度、陽性・陰性的中率、診断精度は、それぞれ 78%、75%、35%、95%、76% であった。一方、SRI を用いた定量的評価では、82%、93%、64%、97%、91% であり、特異度と診断精度は、視覚的評価に比較し有意に優れていた。

【結論】我々が考案した 64 列 CTA での ISR の定量的評価法は、簡便で有用な方法であることが示唆された。

キーワード : MDCT ;ステント内再狭窄;冠動脈造影

〔研究の背景と目的〕

冠動脈ステント留置術は、狭心症や急性心筋梗塞患者の冠動脈狭窄を治療する標準的治療方法である[1]。冠動脈ステント留置術後のステント内再狭窄 (ISR) 率は、従来型金属ステントにおいては20～35%、薬剤溶出型ステントにおいては5～10%である [2-5]。ISRを評価するために行う侵襲的冠動脈造影 (ICA) は、ステント留置後の内腔狭窄を測定する最も標準的な検査法であるが、合併症が生じる可能性や医療費の問題をかかえており、年々増加する冠動脈ステント留置術を受けた患者に対する、ISRを除外するための非侵襲的な診断方法が大変重要となってきている[6]。近年、検出器が多列化されたコンピュータ断層撮影 (MDCT) を用いた冠動脈造影 (CTA) によりISRを評価する研究が多数報告されている。また、16列MDCTに比較し、64列MDCTでは空間分解能および時間分解能が向上したため、より正確にステント内を評価できることが報告されている[7]。それにもかかわらず、ステントストラットに起因するアーティファクトが、ISRの正確な診断を妨げてきた[8-12]。特に、ステントの直径が3mm未満であると、評価可能なステントの数が著しく減少する[8]。ほとんどの研究では、CT値 (CTD) を用いた定量診断ではなく視覚的な診断を行っている。最近、北川らによって、CTDを使用してISRを客観的に評価する方法が報告されている [13]。しかしながら、部分容積効果やブルーミングアーティファクトにより変化したステント内腔のCTDはやはり定量的な評価を妨げる[12]。本研究では、CTDを使用した新しい指標を考案し、視覚的な診断との比較をおこなった。

〔方法〕

2008～2010年の期間で、ステント留置後のISRが疑われる連続した45人の患者 (男性37人、平均年齢65±7歳) 79病変に対して、CTAおよびICAを施行した。CTAによるISRの診断精度は、ICAの結果と比較することで評価した。患者背景を表1に示す。本研究のプロトコルはヘルシンキ宣言に準拠しており、またこのプロトコルは山口大学病院倫理委員会によって承認されている。インフォームドコンセントはすべての患者に対して行われ、すべての患者より同意が得られている。

【侵襲的冠動脈造影】

ICAは標準的な方法を用い、患者の特徴を知らされていない2人の循環器内科専門医により評価した。評価は、AHA基準に従い目視計測法で行った。ステント留置病変におけるISRは、ステント内腔径 (直径) の50%以上の狭窄を有意とした。

【冠動脈CT血管造影の走査プロトコル及び画像再構成】

腎不全患者および造影剤アレルギーを有する患者は、本研究から除外した。32

列の検出器、0.6mmコリメーション、330msの回転時間、そして一回転当たり0.2~0.4mmのテーブル移動速度を有する64列二管球コンピュータ断層撮影装置（SOMATOM Definition TM、シーメンスヘルスケア、ドイツ）を用いて得られた画像をもとに解析を行った。すべての患者に対して、検査直前に、ニトログリセリンスプレー（アステラス製薬、日本、0.3 mg）1パフを舌下投与した。ヨード造影剤（オムニパーク350、第一三共株式会社、日本）は右肘正中静脈より体重（kg）×0.07（mL/秒/kg）の流量で注入し、注入量は予想される走査時間×流量に応じて40~60mLを使用した。続いて生理食塩水（30mL）を造影剤と同じ流量で注入した。スキャン遅延時間は、テスト造影（10mLの造影剤を注入した後、30 mLの生理食塩水を注入）により決定した。管電圧は120 kVで、管電流は400mAsであった。最もモーションアーチファクトの少ない最適心位相を、オリジナルの短軸画像およびMPR画像（多断面再構成画像）から選択した。すべての画像再構成は、単相再構築することによって行った。画像再構成および分析は、専用のワークステーション（Ziostation ; Ziosoft株式会社、日本）を用いて実施した。中間のスムーズコンボリューションカーネル（B26f）によって構築されたデータを、すべての解析に用いた。留置された冠動脈ステントは、湾曲多平面再構成（Curved-MPR）画像で評価した。画像は1200 HUのウィンドウ幅と300HUのウィンドウレベルで表示されている。

【ステント内腔のCTDを観察した予備研究】

ステント管腔内のCTDの増強を評価するために、我々は連続した73病変のステントにおいて、1平方ミリメートルの関心領域（ROI）を用いて、ステント内腔およびステント近位側の冠動脈内腔のCTDを測定し、その差を Δ CTDとして求めた。また Δ CTDが、ステントストラットの厚さに影響されるかどうかを調べるために、直径が3.0mmのステントにおいて、厚さが0.005インチ未満および0.005インチ以上のステントストラットで Δ CTDを計測し、二群間で比較検討を行った（図1）。

【予備研究から考案した新しいステント再狭窄指数】

我々は、予備研究からアーティファクトによるステント内CTDの増大を補正するため、ステントの直径に応じて補正值を設定することとした。我々はこの補正值を用いて、CTDを使用してステント内再狭窄を診断するための新しい指標であるステント内再狭窄指数（SRI）= $\{ (P+D) / 2 + \text{補正值} \} \times \text{カットオフ値}$ を考案した。CTDは、縦断面における1平方ミリメートルのROIを用いて測定した。Pはステントより5~10mm近位側での血管内腔のCTDを、Dはステントより5~10mm遠位側でのCTDを表す。ステント留置病変は石灰化病変が強い症例もすべて分析に含めている。カットオフ値は0.5が診断精度に最適であり、受信者動作特性曲線（ROC）解析による曲線下面積（AUC）は0.955であった（図2）。

このため、上記SRIの式のカットオフ値として用いた。ICAを冠動脈病変評価のゴールドスタンダードとして用い、50%以上の狭窄がある場合をISRと診断した。

【CT冠動脈造影における視覚評価】

視覚分析によるステント内再狭窄の評価は、金属アーティファクトが少なく、ステント内腔が視覚的に評価できる場合に行った。ステントの開存度は以下に従って等級分けした。グレード1 = 狭窄病変がなく、ステント内部の造影効果は均質である；グレード2 = ステント内の造影されない領域が50%未満；グレード3 = ステント内の造影されない領域が50%以上。グレード3が有意なISRと考えられた。すべての画像は2人の観察者によって評価した。この観察者には、ICAによって得られた結果を通知していない。本研究には、石灰化病変や蛇行性病変はすべて含まれる。

【CT冠動脈造影におけるISRの定量的評価】

ステント径は、Curved-MPR画像を用いて計測した。SRIをステント毎に算出し、ステント内CTDがSRI値より低い場合に、有意なISRとした。SRI値よりCTDの低い領域を、カラーマップを用いて表示し、有意狭窄エリアを視覚化した。再狭窄の不均一な分布に起因する誤差を回避するために、画像を回転させ、360度にわたり確認した。

【統計解析】

量的変数は平均±標準偏差で表した。画質とステント開存性評価の検者間検定は、コーエンのκ（カッパー）統計を用いた。感度、特異度、陽性的中率（PPV）、陰性的中率（NPV）および診断精度は、カイ二乗検定によって評価し、95%信頼区間を算出した。SPSSバージョン16.0（SPSS社、イリノイ州シカゴ）を使用し、P値<0.05を有意とみなした。

【結果】

CTAにおいて明らかな合併症は観察されなかった。表1には患者背景を示し、表2には分析したステントの詳細を示した。複数のステントを連続的に留置した場合には、それらは単一のステントとみなし、最も細い部分の径で評価した。ICAでも明らかな合併症はなかった。CTA施行までの、ステント留置からの平均期間は34±43カ月であった。CTA施行からICA施行までの平均間隔は19±4日であった。CTA中の平均心拍数は67±14 /分であった。

【ICAで検出されたISR】

79ステント留置病変のうち、ICAによりISRと診断されたステントは、11病変（13.9%）であった。

【SRIの補正值】

予備研究において、 Δ CTDとステント径は逆相関していたが（図1A）、ステント

ストラットの厚さによる影響は見られなかった (図1B)。 Δ CTDはステント径が0.5mm小さくなると30~60 HU増加した。4mm径のステントにおいて、平均+1 SDを網羅するため、補正値を50と想定した (図1A)。さらに直径が0.5mm小さくなる毎に、補正値はそれぞれ3.5mmのステントでは100、3mmのステントでは150、2.5mmのステントでは200、のように50ずつ増加させた。

【SRIの決定】

予備データを用いてROC解析を実施した。AUCは0.955、95%信頼区間：0.893 - 1.017となり (図2)、最適カットオフ値は0.5であった。そこで我々はSRIを次の式で定義することとした： $SRI = \{ (P + D) / 2 + \text{補正値} \} \times 0.5$ 。CTD < SRIとなる領域を赤色で表示する画像を作成した (図3C、4C)。つまりステント内腔が赤色で表示された場合、ISRの存在が示唆される (図3C、矢印)。

【CTAによるISRの視覚評価】

CTA画像から、79ステント内を2人の検者により視覚評価を行った。そのうち、79ステントのうち17ステント (21.5%) は金属アーティファクトの影響で評価できなかった (評価可能性=78.5%)。残りの62ステントのうち、グレード1は9ステント (11.4%)、グレード2は33ステント (41.8%)、そしてグレード3は20ステント (25.3%) であった。検者間の信頼性はかなり高かった ($\kappa=0.78$)。感度、特異性、陽性・陰性的中率、および診断精度は、それぞれ78%、75%、35%、95%、および76%であった (表3)。

【CTDを用いたISRの評価】

SRIを適用した場合、すべてのステント留置病変が評価可能となった (評価可能性=100%、 $P < 0.05$ 対 視覚評価)。感度、特異度、陽性・陰性的中率および診断精度は、それぞれ82%、93%、64%、97%、91%であった (表3)。特異度および診断精度は視覚評価と比較し有意に改善した ($P < 0.05$)。

【考察】

過去の研究から、冠動脈CTAは、不安定プラークの診断[14]や、高危険因子保持患者の予後診断[15]をすることで、将来の冠動脈イベントの予測に有用であることが分かった。また、冠動脈ステントの再狭窄診断において、いくつかの研究でCTDを用いた評価法が報告されている。北川らは、対象血管の非ステント部血管内腔とステント内腔とのCTDの差はISRを検出するのに有用であることを報告した[13]。しかし、ステント留置病変のうち4分の1は、ステントによるアーティファクトのため分析から除外している。我々の研究では、79ステントのうち17病変は、視覚評価においては除外したが、SRIを用いた分析ではすべての病変に適用可能であり、その診断精度は、視覚評価より有意に優れていた。最近、大動脈とのCT値の比を利用する他の定量的な方法が報告されている[16、17]。

これらは我々の研究と同じ診断精度が得られているものの、ステント径の違いを考慮した定量的な評価方法は、我々の報告だけである。我々の研究では、画像再構成に中間のスムーズコンヴォリューションカーネルであるB26fを用いている。このカーネルは、通常プラーク性状の評価を含むCTAの分析に用いられている。これまでの研究では、よりシャープでステントのエッジを強調するカーネルであるB46fが用いられており、その画質はノイズの増加によって悪化するが、ISR診断に適していることが示された[18、19]。ISRを診断するための最近の研究のほとんどは、カーネルB46fを使用し、視覚による評価を行い優れた診断精度を示している（感度85～95%、特異度86～95% [20～24]）。これらの結果は、我々の視覚評価による診断より明らかに優れており、これは、再構成カーネルの差に起因していると考えられる。しかしB46fカーネルを用いる場合、2つの異なる再構成が必要で、CTAの通常診断には適していない。一方、我々の新しい診断指標であるSRIは、通常診断で用いるカーネルであるB26fを用いている唯一の方法であり、その診断において良好な結果を示している。ISRの定量分析に関して、ダスらの報告では、ステント内CTDが、開存しているステントと狭窄病変を伴うステントの間で有意に異なっているが、診断精度は評価されていなかった[25]。ハーヴェイらは、ステント内CTDがステントより近位部のCTDより低いときにISRと定義した。しかし彼らの定量法は、視覚的分析よりもさらに低い診断精度を示した[26]。このように、SRIを使用した我々の定量的な診断方法は、視覚評価よりも優れる、臨床上有用な方法であることが実証された。これは主に、ステントサイズに応じてアーティファクトを補正する補正值を導入したことに起因すると考えられる。また我々は、SRIを用いることで、ISR病変を正確に識別できるカラーマップ画像を作成することができた。

【研究の限界】

我々は、この研究の限界を考慮する必要がある。まず本研究では、様々なステントの種類とサイズが含まれている。我々は、ストラット厚によるアーティファクトが結果に影響しなかったため、ステント材料や構造を考慮していなかった。これは、本研究に強力なアーティファクトを有するステントが含まれていないことによって説明することができる[27]。第二に、ISRの診断において、我々の新しい方法と視覚的分析とを比較した場合の感度、陽性および陰性的中率が統計的に有意に達していない。これは、ステント総数が少数であったことに起因すると考えられる。

【結語】

本研究は、ステント径を考慮した唯一の定量的診断法である SRI を用いることで、小径のステントを含んでいても、高い診断精度と評価可能性が得られた。

SRI は ISR の診断において、臨床的に有用な方法であることが示された。

[謝辞]

本研究のご指導をいただきました徳山中央病院総合内科部長三浦俊郎先生および、画像構成と分析において助力いただきました放射線部佐野裕一氏と檜崎明子氏に深謝いたします。また、大学院在学中にご指導をいただきました、山口大学大学院放射線医学分野松永尚文教授、山口大学大学院器官病態内科学講座矢野雅文教授および松崎益徳名誉教授に謝意を申し上げます。

[参考文献]

- [1] Anderson HV, Shaw RE, Brindis RG, Hewitt K, Krone RJ, Block PC, McKay CR, Weintraub WS. A contemporary overview of percutaneous coronary interventions. The American College of Cardiology-National Cardiovascular Data Registry (ACC-NCDR). *J Am Coll Cardiol* 2002; 39: 1096-1103
- [2] Fischman DL, Leon MB, Baim DS, Schatz RA, Savage MP, Penn I, Detre K, Veltri L, Ricci D, Nobuyoshi M, Cleman M, Hauser R, Almond D, Teirstein PS, Fish RD, et al. 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] Serruys PW, de Jaegere P, Kiemeneij F, Macaya C, Rutsch W, Heyndrickx G, Emanuelsson H, Marco J, Legrand V, Materne P, Belardi J, Sigwart U, Colombo A, Goy JJ, Heuvel P, et al. A comparison of balloon-expandable-stent implantation with balloon angioplasty in patients with coronary artery disease. *N Engl J Med* 1994; 331: 489-495
- [4] Holmes DR Jr, Leon MB, Moses JW, Popma JJ, Cutlip D, Fitzgerald PJ, Brown C, Fischell T, Wong SC, Midei M, Snead D, Kuntz RE. Analysis of 1-year clinical outcomes in the SIRIUS trial: a randomized trial of a sirolimus-eluting stent versus a standard stent in patients at high risk for coronary restenosis. *Circulation* 2004; 109: 634-640
- [5] Windecker S, Remondino A, Eberli FR, Jüni P, Räber L, Wenawester P, Togni M, Billinger M, Tüller D, Seiler C, Roffi M, Corti R, Sütsch, Maier W, Lüscher T, et al. Sirolimus-eluting and paclitaxel-eluting stents for coronary revascularization. *N Engl J Med* 2005; 353: 653-662
- [6] Scanlon PJ, Faxon DP, Audet AM, Carabello B, Dehmer GJ, Eagle KA, Legako RD, Leon DF, Murray JA, Nissen SE, Pepine CJ, Watson RM. ACC/AHA guidelines for coronary angiography. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on practice guidelines. *J Am Coll Cardiol* 1999; 33: 1756-1824
- [7] Sun Z, Davidson R, Lin CH. Multi-detector row CT angiography in the assessment of coronary in-stent restenosis: a systematic review. *Eur J Radiol* 2009; 69: 489-495
- [8] Sheth T, Dodd JD, Hoffmann U, Abbara S, Finn A, Gold HK, Brady TJ, Cury RC. Coronary

- stent assessability by 64 slice multi-detector computed tomography. *Catheter Cardiovasc Interv* 2007; 69: 933-938
- [9] Chung SH, Kim YJ, Hur J, Lee HJ, Choe KO, Kim TH, Choi BW. Evaluation of coronary artery in-stent restenosis by 64-section computed tomography. Factors affecting assessment and accurate diagnosis. *J Thorac Imaging* 2010; 25: 57-63
- [10] Rist C, Nikolaou K, Flohr T, Wintersperger BJ, Reiser MF, Becker CR. High-resolution ex vivo imaging of coronary artery stents using 64-slice computed tomography-initial experience. *Eur Radiol* 2006; 16: 1564-1569
- [11] Schepis T, Koepfli P, Leschka S, Desbiolles L, Husmann L, Gaemperli O. Coronary artery stent geometry and in-stent contrast attenuation with 64-slice computed tomography. *Eur Radiol* 2007; 17: 1464-1473
- [12] Groen JM, Greuter MJ, van Ooijen PM, Oudkerk M. A new approach to the assessment of lumen visibility of coronary artery stent at various heart rates using 64-slice MDCT. *Eur Radiol* 2007; 17: 1879-1884
- [13] Kitagawa T, Yamamoto H, Horiguchi J, Hirai N, Fujii T, Ito K, Kohno N. Usefulness of measuring coronary lumen density with multi-slice computed tomography to detect in-stent restenosis. *Int J Cardiol* 2008; 124: 239-243
- [14] Kashiwagi M, Tanaka A, Shimada K, Kitabata H, Komukai K, Nishiguchi T, Ozaki Y, Tanimoto T, Kubo T, Hirata K, Mizukoshi M, Akasaka T. Distribution, frequency and clinical implications of napkin-ring sign assessed by multidetector computed tomography. *J Cardiol* 2013; 61: 399-403
- [15] Nakanishi K, Fukuda S, Shimada K, Ehara S, Inanami H, Matsumoto K, Taguchi H, Muro T, Yoshikawa J, Yoshiyama M. Non-obstructive low attenuation coronary plaque predicts three-year acute coronary syndrome events in patients with hypertension: multidetector computed tomographic study. *J Cardiol* 2012; 59:167-175
- [16] Abdelkarim MJ, Ahmadi N, Gopal A, Hamirani Y, Karisberg RP, Budoff MJ. Noninvasive quantitative evaluation of coronary artery stent patency using 64-row multidetector computed tomography. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2010; 4: 29-37
- [17] Andreini D, Pontone G, Mushtaq S, Bartorelli AL, Bertella E, Trabattini D, Montorsi P, Galli S, Foti C, Annoni A, Bovis F, Ballerini G, Aqostoni P, Fiorentini C, Pepi M. Coronary in-stent restenosis: assessment with CT coronary angiography. *Radiology* 2012; 265: 410-417
- [18] Hong C, Chrysant GS, Woodard PK, Bae KT. Coronary artery stent patency assessed with in-stent contrast enhancement measured at multi-detector row CT angiography: initial experience. *Radiol* 2004; 233: 286-291
- [19] Pugliese F, Cademartiri F, van Mieghem C, Meijboom WB, Malagutti P, Mollet NRA, Martinoli C, de Feyter P, Krestin GP. Multidetector CT for visualization of coronary stents.

RadioGraphics 2006; 26: 887-904.

[20] Ehara M, Kawai M, Surmely JF, Matsubara T, Terashima M, Tsuchikane E, Kinoshita Y, Ito T, Takeda Y, Nasu K, Tanaka N, Murata A, Fujita H, Sato K, Kodama A. Diagnostic accuracy of coronary in-stent restenosis using 64-slice computed tomography comparison with invasive coronary angiography. *J Am Coll Cardiol* 2007; 49: 951-959

[21] Cademartiri F, Schuijf JD, Pugliese F, Mollet NR, Jukema W, Maffei E, Kroft LJ, Palumbo A, Ardissino D, Serruys PW, Krestin GP, Wall EE, Feyter PJ, Bax JJ. Usefulness of 64-slice multislice computed tomography coronary angiography to assess in-stent restenosis. *J Am Coll*

[22] Oncel D, Oncel G, Karaca M. Coronary stent patency and in-stent restenosis: Determination with 64-section multidetector CT coronary angiography—initial experience. *Radiol* 2007; 242: 403-409

[23] Manghat N, Van Lingen R, Hewson P, Syed F, Kakani N, Cox I, Roobottom C, Hughes GM. Usefulness of 64-detector row computed tomography for evaluation of intracoronary stents in symptomatic patients with suspected in-stent restenosis. *Am J Cardiol* 2008; 101:1567-1573

[24] Sun Z, Almutairi AM. Diagnostic accuracy of 64 multislice CT angiography in the assessment of coronary in-stent restenosis: a meta-analysis. *Eur J Radiol* 2010; 73: 266-273

[25] Das KM, El-Menyar AA, Salam AM, Singh R, Dabdoob WAK, Albinali HA, Suwaidi JA. Contrast-enhanced 64-section coronary multidetector CT angiography versus conventional coronary angiography for stent assessment. *Radiol* 2007; 245: 424-432

[26] Hecht HS, Zaric M, Jelnin V, Lubarsky L, Prakash M, Roubin G. Usefulness of 64-detector computed tomographic angiography for diagnosing in-stent restenosis in native coronary arteries. *Am J Cardiol* 2008; 101: 820-824

[27] Maintz D, Seifarth H, Raupach R, Flohr T, Rink M, Sommer T, Özgün M, Heindel W, Fischbach R. 64-slice multidetector coronary CT angiography: in vitro evaluation of 68 different stents. *Eur Radiol* 2006; 16: 818-826

図の説明文

図1

(A) 各ステント径 Δ CTDの比較。(B) ストラットの厚さ ≥ 0.005 インチと < 0.005 インチの間の Δ CTDの比較。HU=ハウズフィールド・ユニット。* P < 0.05対2.5mmは、# P < 0.05対3.0mm。NSは有意ではないことを示します。 Δ CTD:ステント近位のネイティブ冠動脈とステント内腔とのCT密度の違い。

図2

ステント内再狭窄 (ISR) を予測するためのCT密度の受信者操作特性曲線 (ROC) 解析。この分析から、弁別係数=0.5は高い感度と特異度が得られたことを示している。

図3

左冠動脈前下枝にステント留置術を施行された61歳の男性例。A.;ステント直径3.0 mmである。ステント近位でのCTDは400 (P) である。ステント遠位でのCTDは355 (D) である。B.;補正值150を用いてのSRI計算。C.;CTDとの面積<264が赤色で表示される。赤 (矢印) で表示されたステント内の領域は、ISRを示した。D.;冠動脈造影は、ISR (矢印) を示しています。SRI:ステント内再狭窄率、ISR:ステント内再狭窄、CTD:CT密度

図4

左冠動脈前下行枝にステント留置術を施行された74歳の男性例。A.;ステント直径3.0 mmである。ステント近位でのCTDは415 (P) である。ステント遠位でのCTDは392 (D) である。B.;補正值150を用いた、SRIの計算。CT密度<277となる領域が赤く表示されます。ステント内が赤色で表示された領域がないため、ISRがないことを示す。D.;冠動脈造影はISRを (矢印は、ステントのエッジを示している) を示していません。SRI:ステント内再狭窄率、ISR:ステント内再狭窄、CTD:CT密度

Table 1 Patients characteristics (N=45)

	(%)
Age (yrs)	65±7
Male	37 (82%)
Body mass index (kg/m ²)	23.7±2.0
Diabetes mellitus	17 (38%)
Dyslipidemia	33 (73%)
Hypertension	32 (71%)
Current smoking	18 (40%)
Angiography	
1-vessel disease	26 (57.8%)
2-vessel disease	12 (26.7%)
3-vessel disease	7 (15.6%)
Stent location	
RCA	28 (35.4%)
LAD	30 (38.0%)
LCx	20 (25.3%)
SVG	1 (1.3%)

LAD = left anterior descending artery; LCx = left circumflex coronary artery; RCA = right coronary artery; SVG = saphenous vein graft

Table 2 Details of implanted stents (N=79)

Trade name	Manufacture	Material	Thickness (inch)	Stent diameter (mm)						
				4.0	3.5	3.0	2.75	2.5	2.25	
Cypher	J & J/Cordis	Stainless steel	0.0055	0	2	7	0	16	0	
GFX	Medtronic	Stainless steel	0.0053	0	1	1	0	0	0	
Express2	Boston Scientific	Stainless steel	0.0053	0	1	0	0	0	0	
S670	Medtronic	Stainless steel	0.0050	0	1	3	0	0	0	
Duraflex	Goodman	Stainless steel	0.0045	0	4	0	0	0	0	
NIR	Boston Scientific	Stainless steel	0.0040	0	0	2	0	0	0	
Liberte	Boston Scientific	Stainless steel	0.0038	0	2	5	2	0	0	
TAXUS	Boston Scientific	Stainless steel	0.0038	0	3	0	0	0	0	
Driver	Medtronic	Cobalt	0.0036	2	2	4	0	1	0	
Multilink Zeta	Guidant	Stainless steel	0.0036	0	0	0	0	2	0	
Integrity	Medtronic	Cobalt	0.0036	0	0	1	0	0	0	
Multilink Vision	Abbott	Cobalt	0.0032	0	2	1	0	0	0	
Mini Vision	Abbott	Cobalt	0.0032	0	0	0	0	1	1	
Xience	Abbott	Cobalt	0.0032	0	0	3	2	3	0	
Tsunami	Terumo	Stainless steel	0.0031	0	1	0	0	0	0	
Multilink Plus	Guidant	Stainless steel	0.0022	0	1	1	0	1	0	
			Total	2	20	28	4	24	1	

Table 3 Diagnostic accuracy of ISR by CTA using SRI and visual evaluation

	SRI evaluation	Visual evaluation	Statistics
Evaluability	79/79 (100%)	62/79 (78.5%)	P<0.05
Sensitivity	9/11 (82%, 57–94)	7/9 (78%, 48–94)	P = 0.822
Specificity	63/68 (93%, 89–95)	40/53 (75%, 70–78)	P = 0.008
PPV	9/14 (64%, 45–74)	7/20 (35%, 22–42)	P = 0.092
NPV	63/65 (97%, 93–99)	40/42 (95%, 89–99)	P = 0.654
Accuracy	72/79 (91%, 84–91)	47/62 (76%, 67–80)	P = 0.024

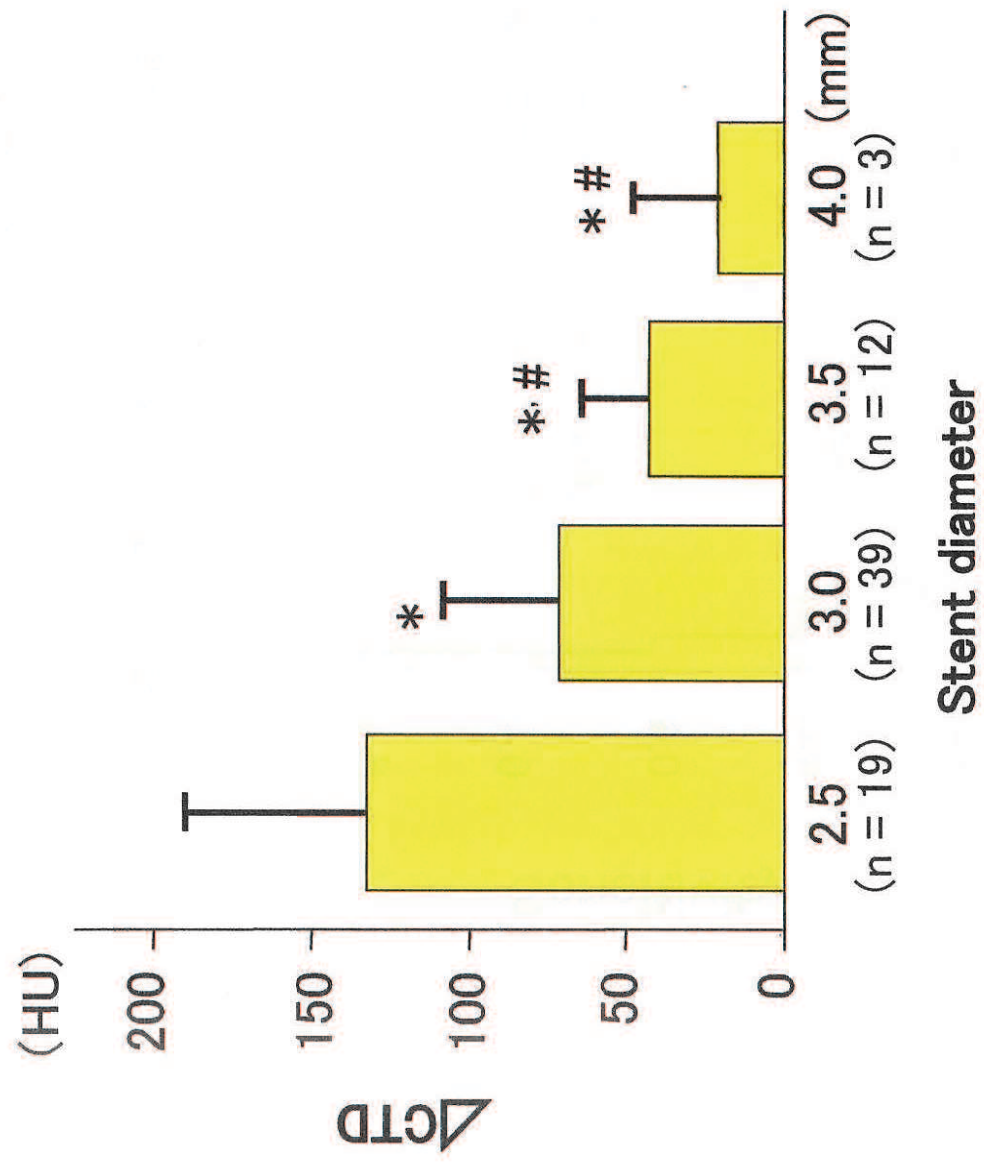
Numbers/total numbers (values are percentages, 95% confidence intervals). SRI = stent restenosis index, ISR = in stent restenosis, CTA = CT angiography

PPV = positive predictive value; NPV = negative predictive value.

Figure1

Figure 1

A



B

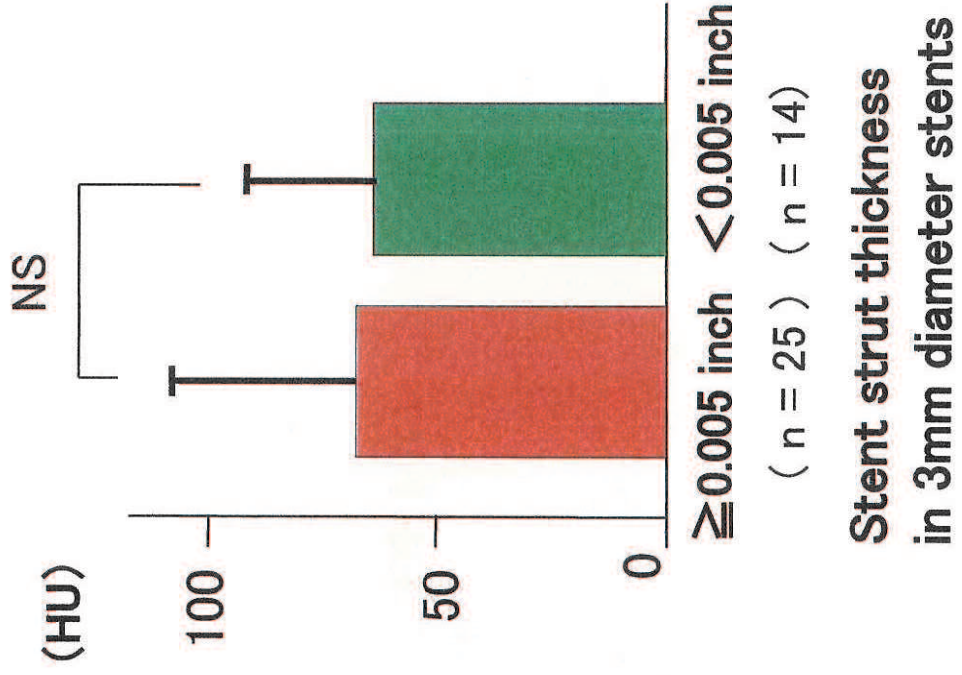


Figure2

Figure 2

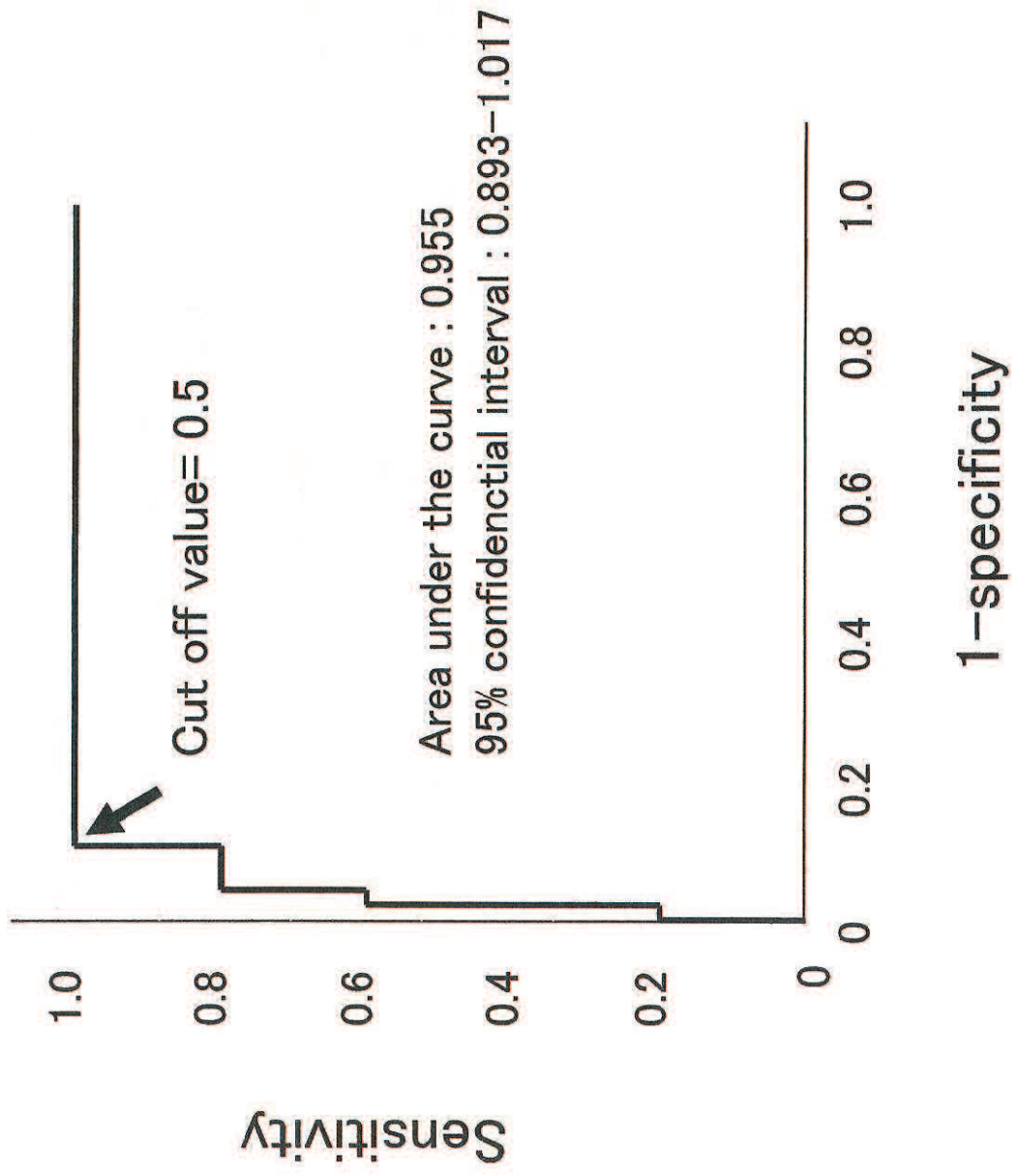
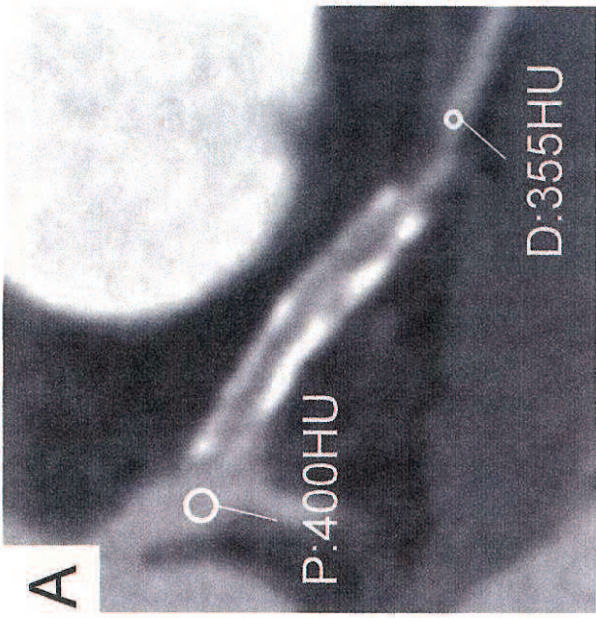
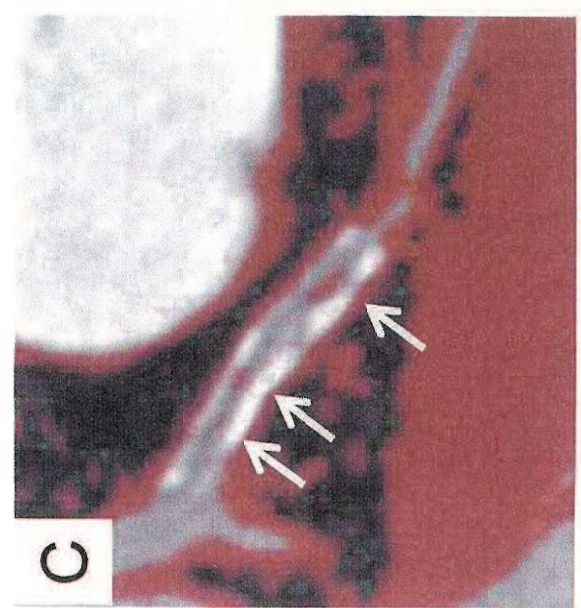


Figure3
Figure 3



B

$$\begin{aligned} \text{SRI} &= \frac{(P + D) / 2 + \text{correction value}}{2} \\ &= \frac{(400 + 355) / 2 + 150}{2} \\ &= 264 \end{aligned}$$



D

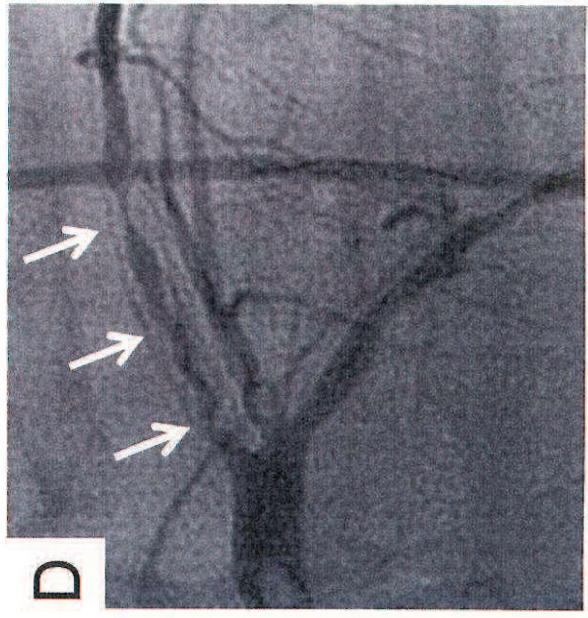
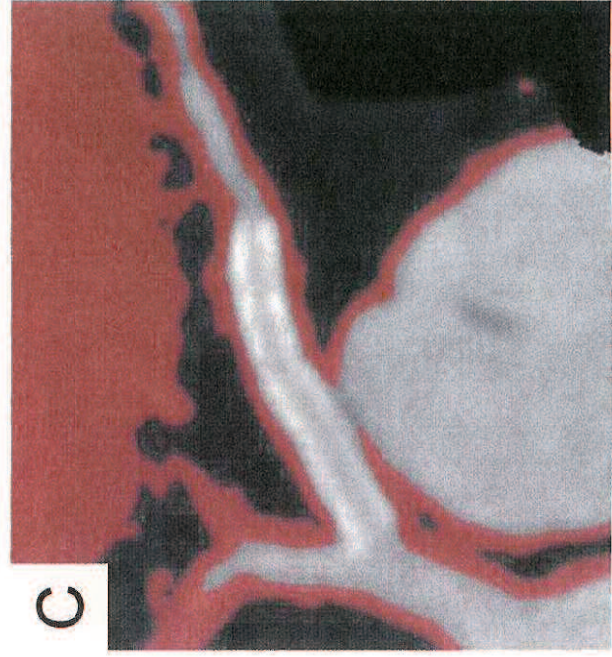
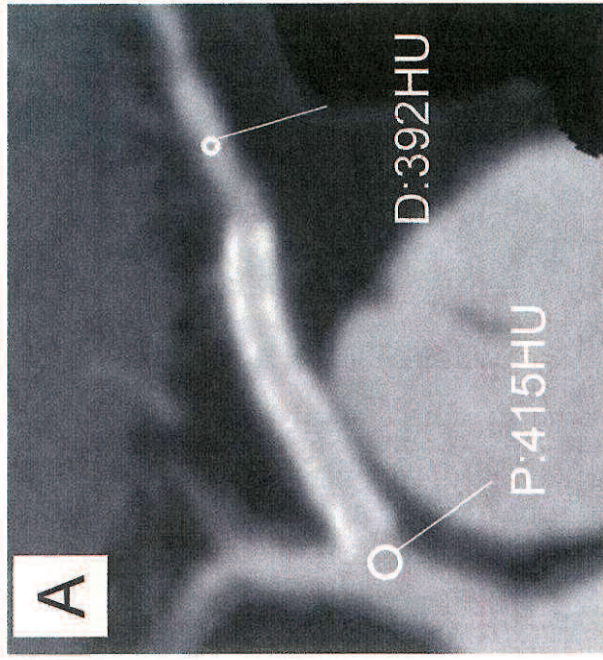


Figure4 Figure 4



B

$$\begin{aligned} \text{SRI} &= \frac{(P + D) / 2 + \text{correction value}}{2} \\ &= \frac{(415 + 392) / 2 + 150}{2} \\ &= 277 \end{aligned}$$

D

