



Title	超高速CTによる冠動脈石炭化の評価
Author(s)	浜田, 星紀; 高宮, 誠; 斎藤, 春夫
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1991, 51(11), p. 1299-1305
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19448
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

超高速 CT による冠動脈石灰化の評価

国立循環器病センター放射線診療部

浜田 星紀 高宮 誠 斎藤 春夫

(平成2年11月19日受付)

(平成3年2月15日最終原稿受付)

Evaluation of Coronary Artery Calcification by Ultrafast CT

Seiki Hamada, Makoto Takamiya and Haruo Saito

Department of Radiology, National Cardiovascular Center

Research Code No. : 507

Key Words : Ultrafast CT, Coronary artery disease,
Coronary calcification

A preliminary study was performed to determine whether ultrafast computed tomography (UFCT) is useful as a noninvasive screening examination for predicting coronary artery disease (CAD). UFCT was used to detect coronary artery calcification in 31 patients with angina pectoris (AP) without myocardial infarction. Except for six patients with vasospastic AP, 22 out of 25 patients had detectable calcification in at least one vessel.

SVD, DVD and TVD were detected in six of nine patients (67%), seven of seven (100%) and nine of nine (100%), respectively. Based on the findings of coronary calcification by UFCT, the sensitivity, specificity and predictive accuracy of angiographically significant stenosis (>75%) were 94%, 71% and 78% for all branches, respectively. The calcification score for vessels with significant stenotic lesion (n=48) was statistically higher ($p<0.01$) than that for vessels without stenotic lesion (n=45).

In conclusion, UFCT appears to be useful noninvasive screening examination for detecting CAD, although a prospective study in a large number of patients will be necessary to establish the value of this new method more reliably.

緒 言

冠動脈石灰化と冠動脈病変の相関は病理学的検討より認められている¹⁾²⁾。しかし石灰化の検出は透視下で確認される方法が一般的な方法である³⁾。この方法は定量的評価が困難なうえ、経験を要し、かならずしも満足のいく方法ではない。CTはその病理学的な対応より石灰化の検出に最も優れた方法であり、そのコントラスト分解能の良さから微小な石灰化の検出も可能であり、また最大の利点は経験によらず定量的評価が可能である。しかしながら従来のCTは時間分解能の悪さにより心臓疾患に対しては十分とは言えなかつ

た。Boydにより開発された電子ビーム方式の超高速CT(以下UFCT)⁴⁾が開発・市販されるようになって以来、その空間分解能・時間分解能の良さから心臓CTの精度は飛躍的に向上した。今回我々はこの超高速CTを用いて、狭心症患者に対して冠動脈石灰化の評価を試み、非侵襲的冠動脈検査法としての有用性を検討したので報告する。

方法と対象

1. 対象

対象は31例の梗塞非合併狭心症患者(平均年齢62±10歳, 男女比25/6)である(Table 1)。全例2週間以内に超高速CT検査と冠動脈造影を施行

Table 1 clinical materials

SVD	: 9 cases
DVD	: 7 cases
TVD	: 9 cases
vasospastic AP (VASO)	: 6 cases
Total	: 31 cases
mean age : 62±10	male/female : 25/6
SVD: Single Vessel Disease	
DVD: Double Vessel Disease	
TVD: Triple Vessel Disease	

している。冠動脈造影は主に Judkins 法にて施行し、評価は AHA 分類を採用した⁹⁾。

2. 方法

使用機器は超高速 CT (イマトロン C-100) である。検査方法は単純 CT で最大吸気下・拡張期心電図同期にて 3mm 厚 3mm 間隔で 20 スライス連続撮影を施行した。撮影はスキャン時間 100msec を用いた。全スキャンには 40 心拍必要であるが、その半分の 20 心拍はテーブル移動に必要な時間である。これにより冠動脈近位部のスキャンは十分であり、不足の場合は再度追加スキャン施行した。

3. 評価方法

定性的評価と定量的評価を用いた。定性的評価としては狭窄部位に一致した冠動脈石灰化の有無にて判定した。定量的評価 (Fig. 1) は 1 スライスでの石灰化病変部の "Region of Interest" を測定し 130 以上の石灰化面積と、その部の最大 CT 値を内臓ソフトによりまず求めた。次に最大 CT 値を、130 ≤ を 1, 200 ≤ を 2, 300 ≤ を 3, 400 ≤ を 4, と Density score として分類し、それぞれのスライスでの石灰化面積とその Density score の 2 つのパラメータの積を求め、全スライスでの総和を求めた⁶⁾。次に病変数にて正規化し、この値を冠動脈枝 (LAD: 前下行枝, LCX: 左回旋枝, RCA: 右冠動脈) の calcification score として冠動脈石灰化の指標とした。なお冠動脈造影における有意狭窄は 75% 以上とし、UFCT の情報を与えずに冠動脈造影を専門としている心臓内科医・放射線科医の診断に基づいた。

4. 統計

有意差検定は unpaired t 検定を用い、 $p < 0.05$

[Data Analysis]

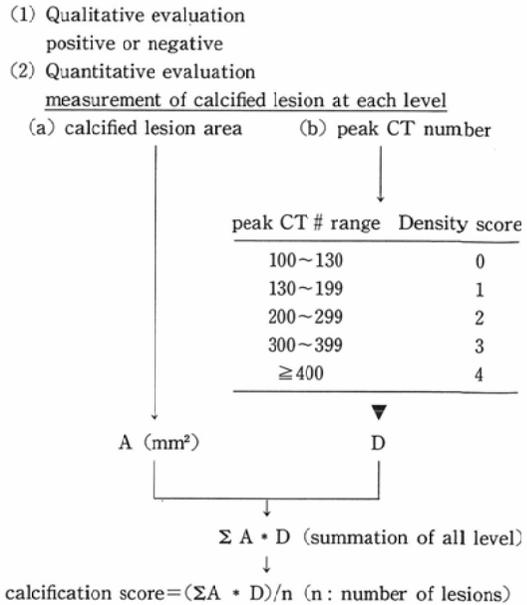


Fig. 1 Data Analysis by UFCT

を有意とした。

症例提示

症例は 55 歳男性で狭心症患者である。Fig. 2a は冠動脈起始部より連続 20 スライスの UFCT 像を示す。Fig. 2b は同症例の冠動脈造影シネ写真を示す。Fig. 2a に認められる如く、従来の CT 像に劣らない空間分解能を持ちながら 30 秒で全スライス撮影可能であり、スクリーニング・テストとしての有用性を示すものである。前下行枝近位部に AHA 分類にて 90% の有意狭窄を持ち、同部位に強い石灰化沈着を認め、UFCT では calcification score は 46 と高値である。PTCA が試みられたが不成功に終わり、2 カ月後にバイパス術が施行された。

結果

検査時間は心拍数によるが 30~40 秒で全例可能であった。また提示症例に示す如く全例解像度の良い画像が従来の CT とは違いアーチファクトなく得られ、冠動脈枝の走行同定と石灰化評価が容易であった。

(1) UFCT による冠動脈石灰化検出率 (Fig. 3)

93枝中58枝(62%)に石灰化を認め、その58枝中の45枝(78%)に石灰化の部位に一致して有意狭窄を認めた。また石灰化の認めない35枝中、8枝(23%)にも有意狭窄を認めた。シネ映画観察による石灰化検出の頻度も同図中に示したが、シネでは93枝中40枝(43%)に石灰化を認めたのみ

で、石灰化検出率はUFCTが優れていた。

(2) UFCTによる冠動脈病変診断能(Table 2)
Table 2はUFCTにより検出された罹患冠動脈枝数と冠動脈造影の診断を対応させた表である。Vasospastic AP 6例を除いて、25例中22例(80%)に少なくとも一枝に石灰化検出可能であっ

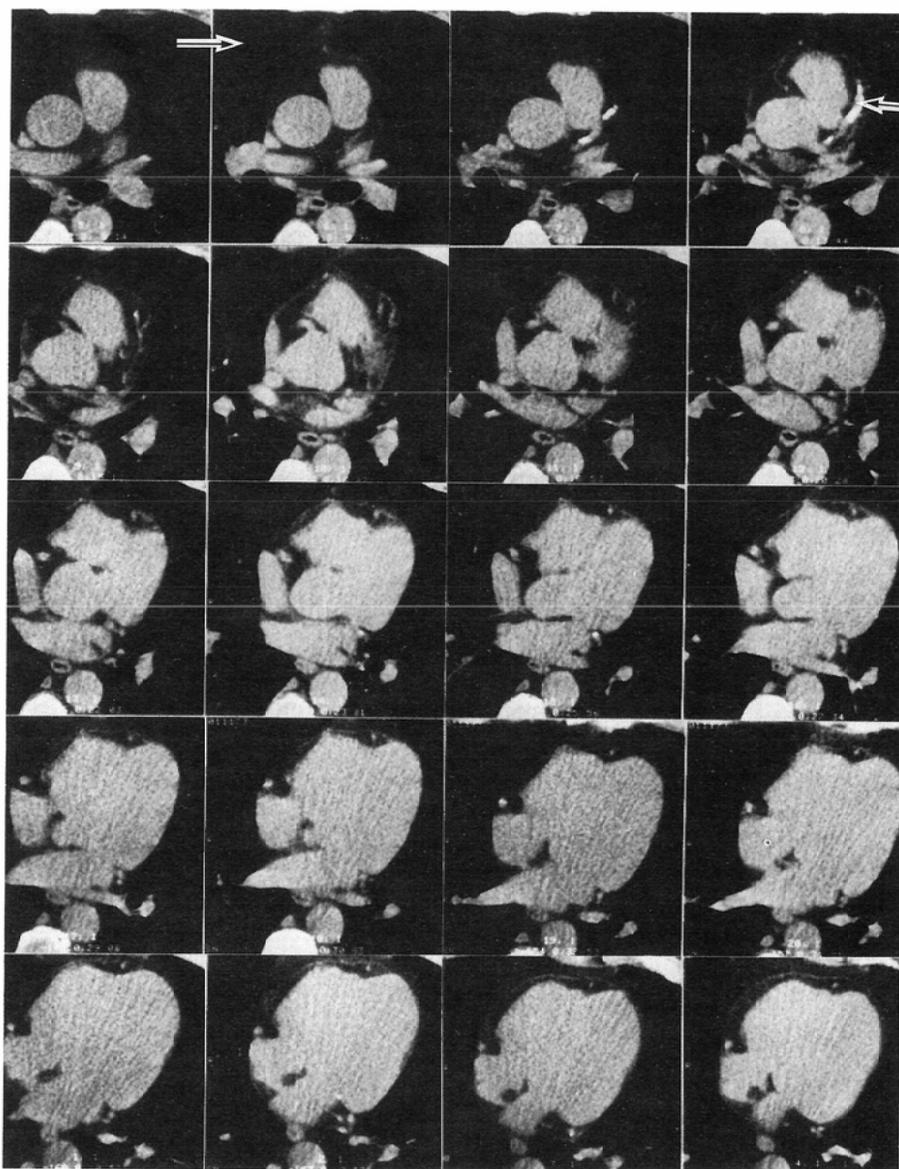
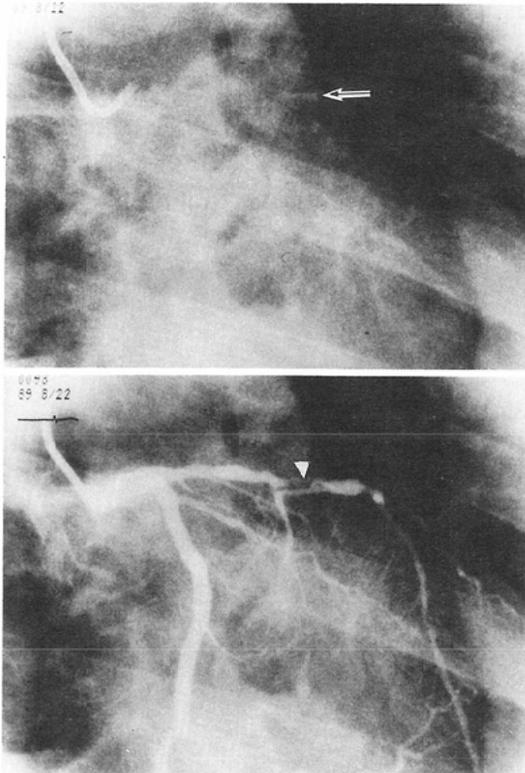


Fig. 2 Case Presentation. 55y.o. male, Single Vessel Disease
a, 20 contiguous unenhanced slices by UFCT following arrow (→) (scan time 100 msec, slice thickness 3mm, slice interval 3mm) (← : coronary calcification of left anterior descending branch)



b. left coronary arteriography (RAO view). (←: coronary calcification of left anterior descending branch) (▼: 90% stenosis by AHA classification)

た。冠動脈造影を診断基準とした場合、UFCT の石灰化検出の冠動脈病変診断能は一枝病変67% (6/9)、二枝病変100% (7/7)、三枝病変100% (9/9)であり、特に一枝のみの病変の診断能は悪かった。また Vasospastic AP では、石灰化を認めない症例(5例, 83%)が多く、その診断能も悪かった。

(3) UFCT による有意冠動脈狭窄診断の sensitivity, specificity および predictive accuracy (Table 3)

冠動脈造影法での有意狭窄の有無 CAG(+/-) と UFCT での冠動脈石灰化の有無 UFCT (+/-) により、3枝別及び全枝に対する UFCT による有意狭窄診断の感受性、特異性および正診率を Table 3 に示した⁷⁾。

3枝とも sensitivity に優れているが, specificity

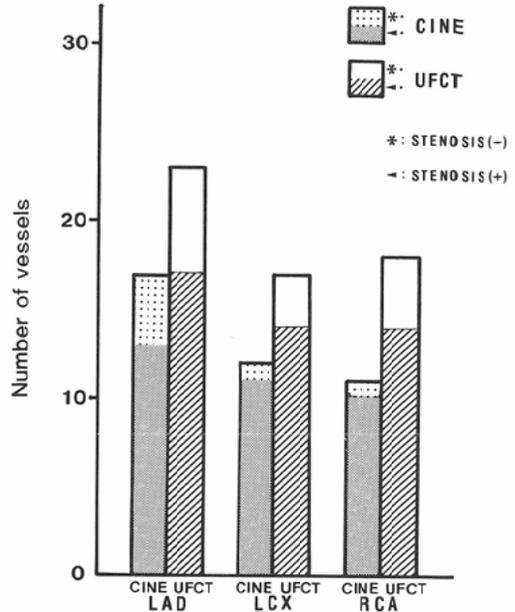


Fig. 3 Detection of coronary artery calcification (n: 31) (Comparison of qualitative evaluation by UFCT and CINE-film)

LAD: Left Anterior Descending branch, LCX: Left Circumflex branch, RCA: Right Coronary Artery

Table 2 Detection of coronary calcification by UFCT is compared with coronary arteriography (CAG)

UFCT		CAG	
TVD	14	TVD	9
		DVD	3
		SVD	2
DVD	7	DVD	4
		SVD	2
		VASO	1
SVD	2	SVD	2
NEGA	8	SVD	3
		VASO	5

は劣る傾向があった。全枝では sensitivity 94%, specificity 74%, predictive accuracy 83% が得られた。ただし Vasospastic AP は対照造影では有意狭窄の存在は認められなかったため CAG (-) の枝として評価した。

(4) 定量的評価による冠動脈病変の石灰化 (Fig. 4, Table 4)

Table 3 Prediction of angiographically coronary stenosis by UFCT

	ALL	LAD	LCX	RCA
sensitivity	94%	94%	88%	100%
specificity	71%	54%	80%	76%
predictive accuracy	83%	74%	82%	78%

true positive: CAG(+) and UFCT(+)
 true negative: CAG(-) and UFCT(-)
 false positive: CAG(-) and UFCT(-)
 false negative: CAG(+) and UFCT(-)

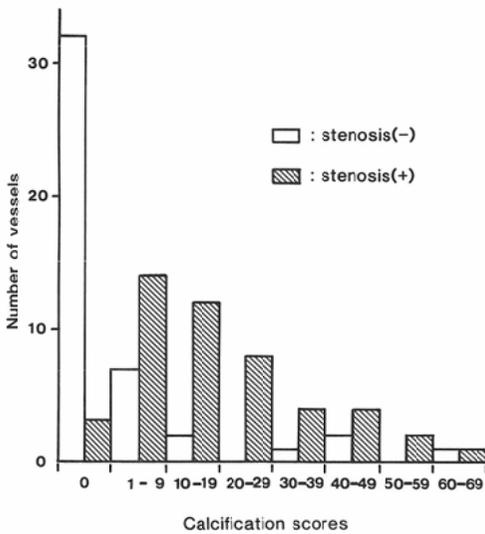


Fig. 4 Distribution of calcification scores (n=93)

Table 4 Comparison of value of calcification score with and without angiographic significant stenosis

	median	mean±S.D.
Stenosis (-) (n=45)	0	5.44±13.8
Stenosis (+) (n=48)	17	19.25±16.5

* : p<0.01

定量評価の指標である calcification score の有意狭窄の有無での分布を示したものが Fig. 4 であり、有意狭窄のない冠動脈は定量的に石灰化の程度が少ない傾向にある。平均値およびメジアンでも有意狭窄のある冠動脈の群が高く、平均値に関しては統計的に有意差を認めた (Table 4, p<

Table 5 Predictive accuracy by change of calcification cutoff score

n	0	5	10	15	20
p.p.a.(%)	78	84	84	84	76
p.n.a.(%)	91	79	70	63	56

n : calcification cutoff score

p.p.a. : predictive positive accuracy

p.n.a. : predictive negative accuracy

0.01).

(5) Calcification cut off score による predictive accuracy の変化 (Table 5)

Calcification score の診断基準値 (cut off 値) を変化させた場合の predictive positive accuracy (有病正診率) および predictive negative accuracy (無病正診率) の変化を Table 5 に示す。無病正診率は cut off 値を 0 とした場合が最も高く、91% であった。有病正診率は cut off 値を変化させても 76~84% で著明な変化は認めなかった。

考 察

スクリーニング・テストに用いる冠動脈検査法としてはできるだけ非侵襲的であることが望ましく、特に最近では予防・予後の把握の点からも非侵襲的冠動脈検査法の確立が期待されている⁸⁾。冠動脈狭窄を起こす動脈内膜に生じる粥状硬化と石灰沈着は、従来よりその相関が報告されており¹²⁾、また予後に関係している。すなわち、冠動脈石灰化は Margolis らによる 800 例の検討から、罹患枝数・虚血の程度・障害心筋の範囲等とは独立した予後決定因子と考えられている⁹⁾。故に、この石灰化を検出することにより冠動脈疾患の存在・予後を予想することが可能である。CT の出現以来、その CT 値により病理学的な対応が可能となり、石灰化検出に関しては現在 CT が定量評価可能な再現性のよい最も優れた方法である。また横断面であることより肺内の陰影との鑑別に従来の透視法と異なり迷うことは少ない。最近の CT の空間分解能およびコントラスト分解能の良さからこれを冠動脈石灰化検出に利用すれば微細な石灰化の検出も可能となる。

最近市販された電子ビーム方式の超高速 CT

は、50~100msec という時間分解能の良さと共に、スキャン時間の速さに拘らず従来の CT に劣らない空間分解能・コントラスト分解能を持ち心臓 CT 診断には最適の検査法と考えられる。1 スキャンでの中心部の照射線量は、キャピンテック線量計による簡易計測法では100msec 撮影では $4.39 \times 10^{-7} \text{C} \cdot \text{m}/\text{kg}$ ($170 \text{mR} \cdot \text{cm}$) であり、我々の施設にある従来型 CT (GE8800) では $11.5 \times 10^{-7} \text{C} \cdot \text{m}/\text{kg}$ ($445 \text{mR} \cdot \text{cm}$) となり従来の CT と比べても少ない。少ない照射線量にて鮮明な画像が得られることは画期的なことである。また検査時間そのものも本研究で実証されたように30~40秒で冠動脈近位部の20スライスの撮影が可能であり、時間的にも患者に対しての負担軽減となるものである。従来の CT に比べ格段の良さを持つ、この UFCT が非侵襲的冠動脈検査法として確立できれば虚血性心疾患の自然歴の把握にも応用範囲は広いものと考えられる。

前述の如く、透視法による冠動脈石灰化検出によるスクリーニング・テストが一般的である³⁾。しかし透視法では客観性に欠けると共に有意狭窄に対する sensitivity は従来の報告では40~79%であり⁷⁾、スクリーニング・テストとしては不十分なものであった。より精度の向上のためデジタル・サブトラクション法を用いた報告¹⁰⁾もあるが、濃度分解能の良い CT を用いた冠動脈疾患検出の報告は少ない¹¹⁾¹²⁾。これは従来の CT の時間分解能の悪さに起因しているものと考えられる。しかし今回の検討では、UFCT による sensitivity は94%と非常に高い値を示しており、また運動負荷心筋シンチグラフィで検出率の悪い左回旋枝¹³⁾の sensitivity もよい。前下行枝に対する specificity は悪いが、これは微細な石灰化をも検出するためと思われ正常例での冠動脈石灰化の検討がさらに必要と考えられる。また石灰化の検出という観点からは、器質的冠動脈狭窄の関与が少ないと言われている牽縮による機能的冠動脈病変の検出は今回の検討からも困難と考えられた¹⁴⁾。

CT 値を用いた冠動脈石灰化の定量評価を試みた。今回の検討に用いた定量指数である calcification score は各冠動脈枝全体を評価するので

狭窄部位に関係なく石灰化、すなわち冠動脈硬化の評価が可能な評価法である。有意狭窄を持つ冠動脈枝の calcification score は、そうでない枝に比して有意に高いことが統計的に示すことができた。以前より CT による冠動脈疾患検出の問題点として、石灰化の部位と冠動脈造影で観察される狭窄の部位が必ずしも一致しないことが挙げられているが、この定量評価を用いることにより狭窄部位を考慮しなくても病変の存在が予想可能と考えられた。さらに calcification score が0であれば91%の確率で冠動脈狭窄が否定でき、score が0以上であれば76~84%の確率で冠動脈狭窄が予想可能である。冠動脈石灰化の定量評価も含めて症例数の増加による検討がさらに必要と思われるが、UFCT は冠動脈石灰化の検出および冠動脈病変に対してスクリーニング・テストとして有用な検査法であると言える。

結 論

1. 冠動脈疾患の非侵襲的検査法としての UFCT の臨床的有用性を、梗塞非合併狭心症患者31例を対象として冠動脈造影との対比により検討した。

2. Vasospastic AP 6例を除いて、25例中22例(80%)に少なくとも1枝に石灰化を検出可能であった。SVD, DVD および TVD の検出率はそれぞれ67% (6/7), 100% (7/7), 100% (9/9)であった。

3. UFCT による有意狭窄の存在する冠動脈石灰化の検出に対する sensitivity, specificity および predictive accuracy はそれぞれ94%, 71%, 83%であった。

4. 有意狭窄のない冠動脈 (n=45) に対して、有意狭窄のある冠動脈 (n=48) の calcification score は統計的に有意に高かった (p<0.01)。

5. 非侵襲的放射線診断法としての UFCT による冠動脈硬化検出法の確立は、冠動脈疾患検出のスクリーニング・テストとして虚血性心疾患の自然歴を把握するために有用と思われる。

本研究を遂行するにあたり、御協力をいただいた国立循環器病センター心臓内科野々木宏先生に深く感謝します。

本論文の要旨については、第49回日本医学放射線学会総

会において発表した。

文 献

- 1) Warburton RK, Tampas JP, Soule AB, et al: Coroary artery calcification: Its relationship to coroanry artery stenosis and myocardial infarction. *Radiology* 91: 109-115, 1968
- 2) McCarthy JH, Palmer FJ: Incidence and significance of coroanry artery calcification. *Br Heart J* 36: 499-506, 1974
- 3) Detrano R, Salcedo EE, Hobbs RE, et al: Cardiac cinefluoroscopy as an inexpensive aid in the diagnosis of coronary artery disease. *Am J Cardiol* 57: 1041-1046, 1986
- 4) Boyd DP: Computerized transmission tomography of the heart using scanning electron beams. (In) Higgins CB, ed: *CT of the Heart and Great Vessels: Experimental Evaluation and Clinical Application*, p45-60, Futura Publishing, Mt Kisko, 1983
- 5) Austen WG, Edwards JE, Frye RL, et al: A reporting system of patients evaluated for coroanry artery disease (AHA committee report). *Circulation* 51: News from the American Heart Association. Page 5, 1975
- 6) Agatston AS, Janowitz WR, Hildner FJ, et al: Quantification of coroanry artery calcium using ultrafast computed tomography. *JACC* 15: 827-832, 1990
- 7) Brismar J, Jacobsson B: Definition of terms used to judge the efficacy of diagnostic tests: A graphic approach. *AJR* 155: 621-623, 1990
- 8) Detrano R, Froelicher V: A logical approach to screening for coroary artery disease. *Ann Intern Med* 106: 846-852, 1987
- 9) Margolis JR, Chen JTT, Kong Y, et al: The diagnostic and prognostic significance of coronary artery calcification. A report of 800 cases. *Radiology* 137: 609-616, 1980
- 10) Detrano R, Markovic D, Simpfendorfer C, et al: Digital subtraction fluoroscopy: A new method of detecting coroanry calcifications with improved sensitivity for the prediction of coroary disease. *Circulation* 71: 725-732, 1985
- 11) 田宮栄治, 杉浦精了, 村川裕二, 他: X線CTによる冠状動脈石灰化検出と意義, 呼と循, 37: 185-188, 1989
- 12) Moore EH, Greenberg RW, Merrick SH, et al: Coronary artery calcifications: Significance of incidental detection on CT scans. *Radiology* 172: 711-716, 1989
- 13) 濱田星紀, 西村恒彦, 植原敏勇, 他: 運動負荷心筋スキャン (planar image) による三枝病変を有する労作性狭心症の評価, 核医学, 24: 1581-1586, 1987
- 14) Baim DS, Harison DC: Nonatherosclerotic coroanry heart disease. (In) Hurst JW, *The Heart*, p1164-1166, McGrawhill, New York, 1982.