



Title	Helical scanning CTにおける冠動脈の描出-心拡張再構成法-
Author(s)	安野, 泰史; 近藤, 武; 片田, 和廣 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1993, 53(9), p. 1033-1039
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17763
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

Helical scanning CT における冠動脈の描出 —心拡張期再構成法—

- 1) 藤田保健衛生大学衛生学部診療放射線技術学科
- 2) 藤田保健衛生大学病院放射線部
- 3) 藤田保健衛生大学医学部放射線科

安野 泰史¹⁾ 近藤 武¹⁾ 片田 和廣¹⁾ 竹内 昭¹⁾
辻岡 勝美¹⁾ 井田 義宏²⁾ 古賀 佑彦³⁾

(平成 4 年 6 月 2 日受付)

(平成 4 年 12 月 22 日最終原稿受付)

Visualization of Coronary Arteries with Helical Scanning CT : Diastolic Reconstruction

Hirofumi Anno¹⁾, Takeshi Kondo¹⁾, Kazuhiro Katada¹⁾, Akira Takeuchi¹⁾,
Katsumi Tsujioka¹⁾ Yoshihiro Ida²⁾ and Sukehiko Koga³⁾

- 1) Department of Radiological Technology, School of Health Sciences, Fujita Health University
- 2) Department of Radiology, Fujita Health University Hospital
- 3) Department of Radiology, School of Medicine, Fujita Health University

Research Code No. : 501.9 507.1

Key words : Helical CT, Diastolic phase, Heart, Coronary artery

The purpose of this study was the visualization of coronary arteries by the diastolic reconstruction method with helical scanning (HES) CT. We chose diastolic phase images from the image data acquired with the HES technique using a continuous nutate-rotate fast CT scanner, because few motion artifacts are induced by cardiac pulsation during the slow filling diastolic phase. We assessed coronary diseases using this method based on HES-CT, and evaluated its clinical effectiveness. We also studied the clinical value of multiplanar reconstruction and three-dimensional surface reconstruction.

The subjects consisted of 31 patients with coronary disease, aged 41-77 years.

When a diastolic reconstruction HES-CT was employed, the average rate of visualization of the coronary arteries was 72%. An examination can be completed during a 30-second single breath-hold, permitting the acquisition of coronary artery images with excellent continuity. Calcified coronary arteries can be identified.

緒 言

X線CT検査におけるヘリカルスキャン法は、従来の一回転スキャン法と比較して、短時間の撮

影でオーバーラップした連続多断面像が得られる利点を有している¹⁾⁻⁵⁾。しかし心拍動によるモーションアーチファクトの問題は解決されておら

ず、心臓の鮮明な画像は得られない。

ところが、高速CT装置で1秒スキヤンの撮影をする際、心拡張期時相に偶然スキヤンされると心臓の停止画像を得られることがある。そこでヘリカルスキヤン法によって得られた連続データから心拡張期時相を抽出する再構成法を考案し、心臓の画像化ことに冠動脈の描出を試み、良好な結果が得られたので報告する。

対象および方法

1. 対象

1990年9月から1991年8月までにヘリカルスキヤン法によるCT検査が施行された心疾患（虚血性心疾患）31例、男性21例、女性10例、年齢41～77歳、平均61歳を対象とし、39回の検査が施行された。同時に心拍数が測定されたのは31例のうち27例で35回の検査であった。

2. 装置

Nutate/rotate方式の連続回転型高速CT装置（TCT-900S 東芝製）を使用した。寝台移動システムとしてパーソナルコンピュータ（PC-9801E NEC製）制御のステッピングモータ駆動による、任意の速度で移動可能な寝台を試作した。制

御プログラムにはアセンブラとBASIC言語を用いた。

3. 撮影法

ヘリカルスキヤン法（HES-CT）の撮影条件は、X線ビーム幅2mm、寝台移動速度2mm/秒、X線条件140kV、100mAとした。上肢皮下静脈から300mgI/mlの非イオン性造影剤を1.5～2倍稀釈し容量60～90mlを1～3ml/秒で注入しながら、注入開始よりdelay timeを13～25秒間において、呼吸停止下に30秒間のダイナミックスキヤンを施行した（Fig. 1）。特に酸素吸入は行わず、呼吸停止の前に2回の深呼吸をさせ、3回目の吸気位にて呼吸停止させた。スキヤン範囲は肺動脈分岐部下縁から冠動脈基部を含む60mmとした。

4. 心拡張期画像再構成法

30秒間のダイナミックスキヤンで得られた連続する螺旋状の生データから、0.25秒ごとに再構成時間0.6秒間の画像を再構成した。よって前後のスライスにあたる生データから補正する補間法、いわゆるヘリカル補間再構成法は用いなかった。得られた120枚の画像から心拍動によるモーションアーチファクトの少ない心室の拡張した画

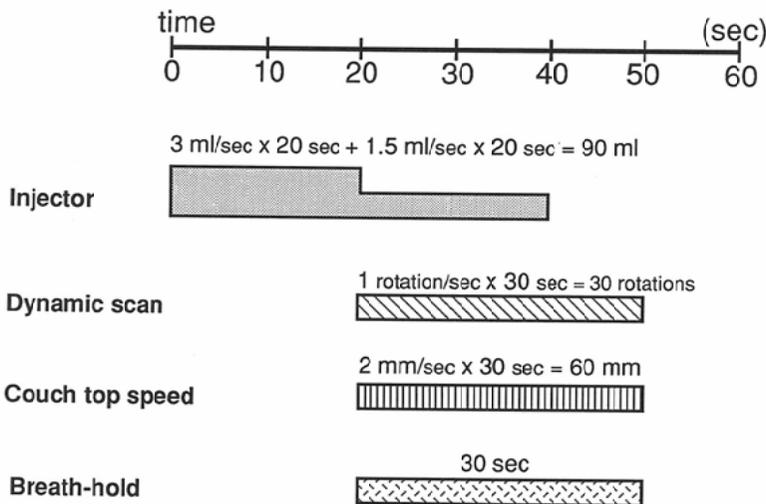


Fig. 1 Time table of the Helical Scanning CT

The beam width of X-ray was set to 2 mm and the couch sliding speed to 2 mm/sec. 60 to 90 ml of diluted non-ionic contrast medium with a dilution ratio from 1:1.5 to 1:2 were injected through a cutaneous vein of the arm at a rate of 1.5 to 3 ml/sec.

After a delay time of 13 to 25 sec, a dynamic scan was performed during a 30 sec breath-hold.

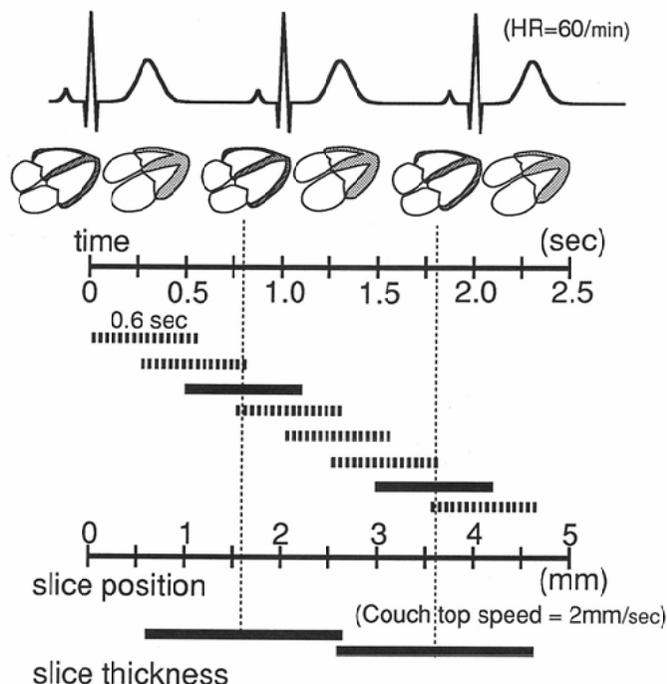


Fig. 2 Schema of the diastolic imaging reconstruction technique with HES-CT

We obtained 0.6 second reconstruction images at intervals of 0.25 seconds from continuous helical raw data. Of the 120 images so reconstructed, we selected the diastolic images less affected by cardiac motion.

像を抽出した。また、心室の含まれない断面においては拡張期時相における肺動脈幹の右方偏位から決定した (Fig. 2)。さらに、抽出された画像から多断面再構成法 (MPR) とボクセル法を用いた三次元表面構成法 (3D) による表示を行い、以下について検討した。

5. 検討項目

心拡張期画像構成法の効果について3D表示で評価した。

心拡張期画像構成法にて得られた画像について、検査中の脈拍数と冠動脈の描出率の関係と各分枝別の描出率を求めた。描出率の算出には、冠動脈にモーションアーチファクトが少なく、部位判定が可能な場合を描出可とし、それ以外を不可とした。また、冠動脈の部位名は、AHA分類⁶⁾に従った。

結 果

心拡張期画像構成前には心室壁および大動脈壁に拍動による凹凸が認められた。しかし、心拡張

期画像構成後には壁は滑らかに連続し冠動脈の連続性も改善した (Fig. 3(A)(B))。また、拡張期の連続軸位断面では乳頭筋や肉柱、僧帽弁の識別が可能で連続していた (Fig. 4)。

脈拍数の計測された27例35回の検査では、平均脈拍数は55/分 (50~80/分) で、これより得られた冠動脈主幹部 (#1, #2, #5, #6, #11) の描出率は脈拍数50~59/分で87% (78/90)、60~69/分で62% (40/65)、70~80/分で25% (5/20) であった (Table 1)。

全症例の31例39回の検査から得られた冠動脈の各分枝別の描出率は右冠動脈#1: 62% (24/39)、#2: 58% (22/38)、左主幹部#5: 64% (25/39)、前下行枝#6: 97% (38/39)、回旋枝#11: 79% (31/39) で、平均描出率は72% (140/194) であった (Table 2)。

虚血性心疾患例では左右冠動脈の連続性のよいMPR表示が可能で、壁の石灰化が明瞭に描出された (Fig. 5(A)(B))。また、石灰化のない症例では3D表示にて冠動脈の基部から末梢への連続性

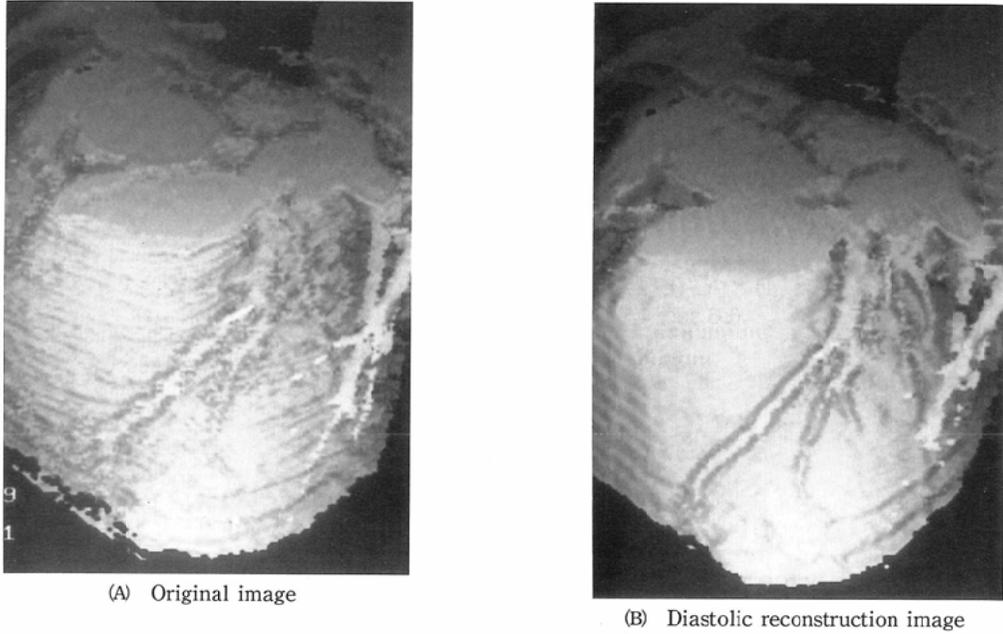


Fig. 3 Three-dimensional image of the left coronary artery with HES-CT

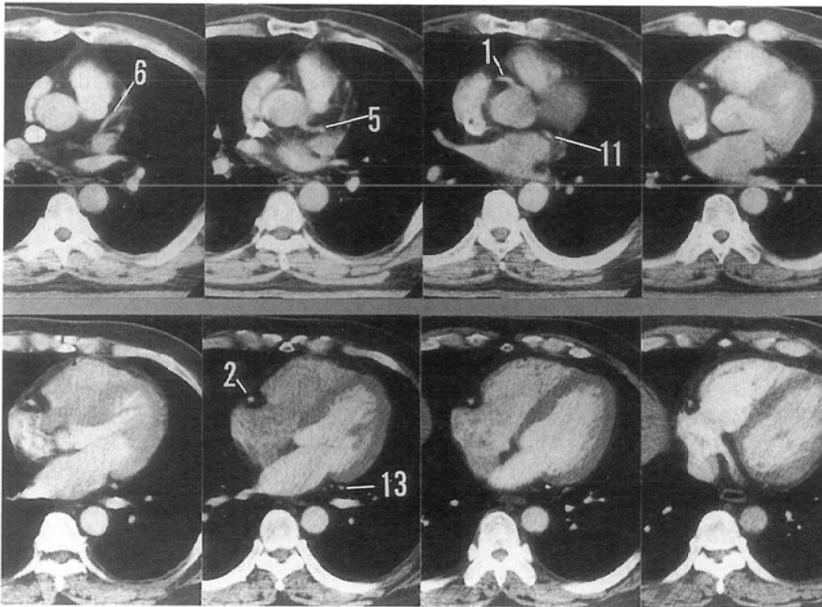


Fig. 4 Diastolic reconstruction images of the heart with HES-CT
NO. 1, 2, 5, 6, 7, 11: segments of coronary arteries

がよく、狭窄部を描出できる症例もあった (Fig. 6)。しかし、冠動脈の石灰化がある症例や冠動脈の造影能の悪い症例では内腔の抽出は不可能であった。

30秒間の呼吸停止下の本検査は全例に施行で

き、胸痛等の問題はなかった。

考 察

これまで一般に第3世代CT装置 (3~4秒スキャン) を用いた従来の一回転スキャンによる心

Table 1 Imaging efficiency relative to coronary arteries and to pulse rates
(175 segments of 35 examinations)

pulse rate	
50~59/min	87% (78/90)
60~69/min	62% (40/65)
70~80/min	25% (5/20)

Table 2 Imaging efficiency by coronary artery segments
(39 examinations of 31 patients)

segment	
#1	62% (24/39)
#2	58% (22/38)
#5	64% (25/39)
#6	97% (38/39)
#11	79% (31/39)
average	72% (140/194)

電図非同期撮影⁷⁾⁻¹⁰⁾では、アーチファクトのない鮮明な心臓の画像は得られないとされてきた。しかし、壁運動の悪い虚血性心疾患例では心室壁の描出能がよく、拡張末期時相に近い画像が得ら

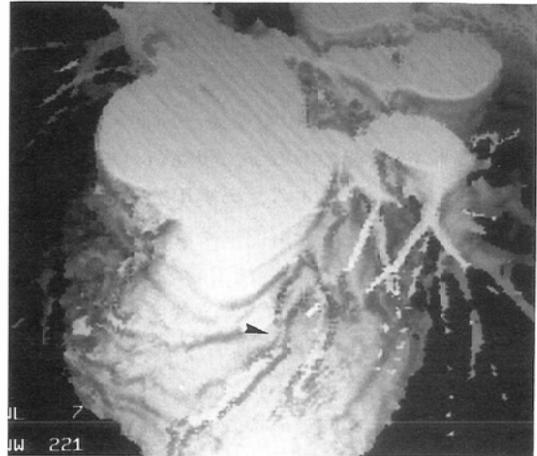
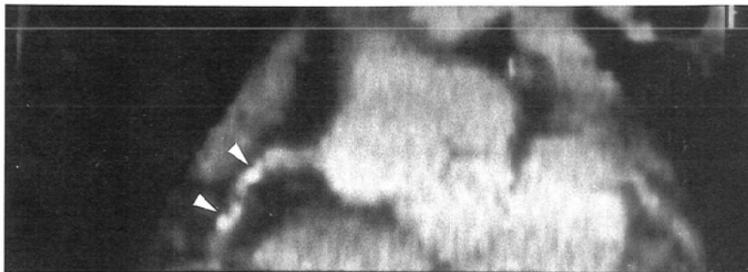
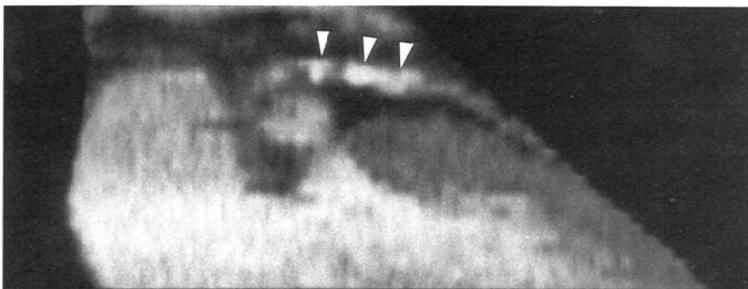


Fig. 6 Three-dimensional image of the stenosis of left anterior descending artery (arrowheads)

れるとの報告がある⁷⁾。また、冠動脈の石灰化の検出の報告⁹⁾⁻¹⁰⁾もあり X線透視より検出能が高いとされている。これに対し心電図同期撮影法¹¹⁾⁻¹³⁾では、一断面多時相の画像が得られるが、データサンプルが十分でないために空間分解能や濃度分解能は劣り、多断面を得ることも困難



(A) Right coronary artery (RCA)



(B) Left anterior descending artery (LAD)

Fig. 5 Multiplanar reconstruction images (oblique image) of the calcification of coronary arteries (arrowheads)

である。

MRI検査法では、心電図同期法により心臓の停止画像が得られ、シネ表示が可能である¹⁴⁾⁻¹⁵⁾。しかし同時相の連続多断面像を得ることは原理的に可能であるが、現在のパルスシーケンスでは長時間を要するため実用的でない。

超高速CTは時間分解能に優れ、心臓の形態診断や動態診断に有用とされている¹⁶⁾⁻¹⁷⁾。最近では空間分解能、濃度分解能も改善されており、冠動脈の石灰化の描出率は高い¹⁸⁾⁻¹⁹⁾。しかし、連続データの収集は現在不可能であり、体軸方向の連続性はスライス間隔に依存している。また、装置が高価でかつ大型であり購入設置は容易でない。

これに対し高速CTを用いたヘリカルスキャン法は、超高速CTと比較して時間分解能は低いが、心臓の動きが少ない心室拡張期の画像を描出する心拡張期画像構成法を併用することにより、モーションアーチファクトを減少させることが可能である。

さらに本法では1秒間の寝台移動は2mmで、この間に実効スライス幅2mm強の画像が4枚再構成される。そのため、心拍数60/分(心電図R-R間隔1秒)の場合、1心拍に1枚の拡張時相の画像を描出してスライスギャップのない、軸方向の連続性に優れた画像が得られる。また、30秒間の1回の呼吸停止下で撮影が行われるため、呼吸運動による呼吸位相のずれのない画像が得られ、MPRおよび3D表示が可能で、細く蛇行する冠動脈の描出に適した方法と思われる。

石灰化部位が高いCT値を示し、内腔の描出が困難である点は従来のCT撮影と同様である。しかし、リング状の石灰化を指摘できた症例もあり、空間分解能の良さを示している。また、石灰化の分布や程度評価が可能であると思われる。さらに、石灰化のない症例においては冠動脈の狭窄部位を3D表示にて画像化できている。

冠動脈の描出率は明らかに脈拍数に影響を受け、脈拍数が60/分以下であれば高率に描出された。冠動脈描出の良好な症例の中には、 β ブロッカーの内服治療により心拍数60/分以下にコント

ロールされた症例も含まれており、 β ブロッカーは、心不全や気管支喘息等の禁忌を除けば、前投薬として使用可能と考えられる。

30秒間の呼吸停止により心拍数への影響はあったが、呼吸停止前に行った2回の深呼吸によって問題なく検査は行われた。

冠動脈と冠静脈の区別は、血管の連続性がよいためMPR、3D表示によって区別は容易であったが、末梢側では困難であった。

本法は、心拡張期における形態診断が可能であり、その他に先天性心疾患、心筋症、血栓症、心臓腫瘍などにも応用が可能である。

現在、心拡張期再構成のために必要な画像抽出は放射線科医師が全画像から肉眼的に行っているため、後処理時間が非常に長く、また経験が必要である。そこで、この問題を解決するために、現在、本原理に基づいた心電図同期再構成法の開発が完了段階であり、これによって後処理時間を短縮化して、より正確な時相にて再現性のある抽出が可能となる。

結 語

1. 連続回転型高速CT装置において、心拡張期再構成ヘリカルスキャン法を用いることにより、拡張期時相の冠動脈の描出が可能となった。
2. 30秒間の1回の息止め撮影により、連続性のよい冠動脈が描出された。
3. 冠動脈の描出能が平均72%であった。
4. 冠動脈の石灰化部位の判定が可能であった。

本論文の主な要旨は第51回日本医学放射線学会総会(1992年4月4日)にて発表した。

文 献

- 1) Kalender WA, Seissler W, Klotz E, et al: Spiral volumetric CT with single-breath-hold technique, continuous transport, and continuous scanner rotation. *Radiology* 176: 181-183, 1990
- 2) Vock P, Soucek M, Daepf M, Kalender WA: Lung: Spiral volumetric CT with single-breath-hold technique. *Radiology* 176: 864-867, 1990
- 3) Katada K, Anno H, Koga S, et al: Three-dimensional angio-imaging with helical scanning

- CT. Radiology 177(p): 364, 1990
- 4) 橋本直人, 緑川重夫, 藤田徹夫, 他: ヘリカルボリュームCT (HVCT) の臨床的応用—肺野腫瘍性病変への有用性—, 断層映像研究会雑誌, 17: 158-163, 1990
 - 5) 片田和廣, 安野泰史, 辻岡勝美, 他: CTヘリカルスキャンの有用性—174例の臨床経験から—, メディカルレビュー, 42: 8-18, 1991
 - 6) W. g. Austin, J. E. Edwards, R. L. Frye, et al: A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease: Report of the Ad Hoc Committee for grading of coronary disease. Council on Cardiovascular Surgery, American Heart Association. Circulation, 51(suppl. 4): 30, 1975
 - 7) 佐々木文雄, 古賀佑彦, 竹内 昭: 非同期造影CTによる左心室自由壁と心室中隔の描画評価, 画像診断, 2: 137-142, 1982
 - 8) Brundage BH, Rich S, Spigos D: Computed tomography of the heart and great vessels. Ann Intern Med 101: 801-809, 1984
 - 9) Moore EH, Greenberg RW, Merrick SH, et al: Coronary artery calcifications: Significance of incidental detection on CT scans. Radiology 172: 711-716, 1989
 - 10) 田宮英治, 杉浦精了, 村川裕二, 他: X線CTによる冠動脈石灰化の検出と意義, 呼と循, 37: 185-188, 1989
 - 11) Sagel SS, Weiss ES, Gillard RG, et al: Gated computed tomography of human heart. Invest. Radiol. 12: 563-566, 1977
 - 12) Harell GS, Guthaner DF, Breiman RS, et al: Stop action cardiac computed tomography. Radiology 123: 515-517, 1977
 - 13) Alfidi RJ, Haaga JR, Macintyre WJ, et al: Gated computed tomography of the heart. Comp. Axial Tomogr. 1: 51-57, 1977
 - 14) Alfidi RJ, Haaga JR, El Yousef SJ, et al: Preliminary experimental results in humans and animals with a superconducting, wholebody, nuclear magnetic resonance. Radiology 143: 175-181, 1982
 - 15) Lanzer P, Botvinick EH, Schiller NB, et al: Cardiac imaging using gated magnetic resonance. Radiology 150: 121-127, 1984
 - 16) Lipton MJ, Higgins CB, Farmer D, et al: Cardiac imaging with a high speed cine CT scanner: Preliminary results. Radiology 152: 579-582, 1984
 - 17) Tranenbaum SR, Kondos GT, Veselik KE, et al: Detection of calcific deposits in coronary arteries by ultrafast computed tomography and correlation with angiography. Am J Cardiol 63: 870-872, 1989
 - 18) Agatston AS, Janowitz WR, Hildner FJ, et al: Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. JACC 15: 827-832, 1990
 - 19) 浜田星紀, 高宮 誠, 斉藤春夫: 超高速CTによる冠動脈石灰化の評価, 日本医放会誌, 51: 1299-1305, 1991