

Title	Cine-MR imagingを用いた大動脈伸展性の評価
Author(s)	高橋, 雅士; 村田, 喜代史; 森, 正幸 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1992, 52(7), p. 921-927
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/17859">https://hdl.handle.net/11094/17859</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

## Cine-MR imaging を用いた大動脈伸展性の評価

\*滋賀医科大学放射線医学教室

\*\*滋賀医科大学第一内科学教室

高橋 雅士\* 村田喜代史\* 森 正幸\* 川口 信之\*  
古川 顕\* 岡田 護\*\* 三ツ浪健一\*\* 木之下正彦\*\*  
山本 逸雄\* 森田 陸司\*

（平成3年8月5日受付）

（平成3年11月13日最終原稿受付）

### Evaluation of Aortic Distensibility Using Cine MR Imaging

Masashi Takahashi\*, Kiyoshi Murata\*, Masayuki Mori\*, Nobuyuki Kawaguchi\*,  
Akira Furukawa\*, Mamoru Okada\*\*, Kenichi Mitsunami\*\*,  
Masahiko Kinoshita\*\*, Itsuo Yamamoto\*  
and Rikushi Morita\*

\*Department of Radiology, Shiga University of Medical Science

\*\*First Department of Internal Medicine, Shiga University of Medical Science

---

Research Code No. : 507.9

---

Key Words : Cine-MR imaging, Aortic distensibility,  
Atherosclerosis, Coronary artery disease

---

Regional aortic distensibility was measured noninvasively using cine MR imaging to determine whether it correlates with aging or risk of coronary artery disease (CAD). Twenty-two patients with CAD confirmed by angiography and 33 without CAD underwent cine MR imaging. Thirty-two sequential images were obtained in one cardiac cycle. The cross sectional area of the descending thoracic aorta was measured on both diastolic (A) and systolic (A') images. Aortic distensibility (A.D.) was calculated from the following equation:  $A.D. = (A' - A) / A / \Delta P$ . ( $\Delta P$  represents pulse pressure).

Results of a simple regression analysis showed that decreased regional aortic distensibility was significantly correlated with the age of the patients ( $r = -0.762$ ,  $p < 0.005$ ). In addition, the parameter was lower in patients with CAD than those without CAD ( $p < 0.05$ ).

In conclusion, regional aortic distensibility derived from cine MR imaging is a useful parameter to evaluate not only aging but also pathological atherosclerosis of the aorta. In addition, this parameter might have some potential to evaluate the prediction of CAD in patients with normal serum cholesterol.

#### はじめに

高齢化社会を迎えた現在、動脈硬化症はそれが引き起こす諸臓器の合併症の重篤さを考慮すると、その予防はもちろんのこと、早期診断、早期治療が必要な、最も身近な成人病のひとつといえ

る。一方、画像診断領域の近年の急速な進歩は、循環器領域においても、その形態、機能診断に大きな飛躍をもたらしたが<sup>1)</sup>、対象が動脈硬化の進行病変の性状、進展度診断に比重が占められている感があり、その前段階としての全身の動脈の硬

化性変化自体を画像を用いて非観血的に評価し得る方法は未だ確立されているとは言い難い。

今回、我々は、心臓の Cine-MRI における大動脈の拍動性の動きに着目し、Cine-MRI の連続画像により、大動脈の伸展性を類推するための指標を試案し、これらの数値と年齢および冠動脈疾患の有無、その程度との関係を検討したので報告する。

#### 対象および方法

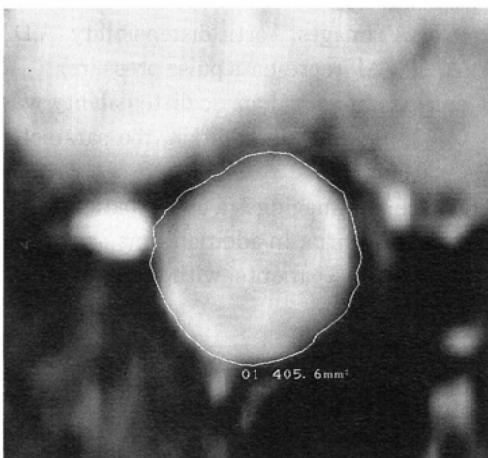
対象は、滋賀医科大学付属病院第1内科を受診し、心機能解析のために Cine-MRI を施行した55例でこの内47例に冠動脈造影を含む心臓カテーテル検査が施行されている。疾患別内訳は、虚血性心疾患22例（1枝病変3例、2枝病変13例、3枝病変2例、左主幹病変4例）、心筋症10例（拡張型6例、肥大型4例）、弁疾患9例（大動脈閉鎖不全5例、僧帽弁閉鎖不全1例、僧帽弁狭窄3例）、狭心症4例、不整脈2例、高血圧症2例、心房中隔欠損症2例、左房粘液腫1例、心筋炎1例、総動脈幹症1例、間質性肺炎1例である。年齢は、16歳から79歳までの平均53.8歳で、性別は男性36例、女性19例である。虚血性心疾患は、AHA (American Heart Association) の分類<sup>2)</sup>に従い、冠動脈造影検査において右冠動脈、左冠動脈前下行枝、回旋枝のいずれかに75%以上の狭窄性変化がみら

れたもの、また左主幹病変については50%以上の狭窄のみられたものとし、これらの罹患枝数に応じて上記の4型に分類した。なお、冠動脈造影が施行されておらず、臨床的にも虚血性心疾患が疑われない場合は、冠動脈疾患なしの症例とした。使用したMR装置は、GE社製 Signa 1.5Tesla で、GRASS (Gradient Recalled Acquisition in the Steady State) 法<sup>3)</sup>を用い、R-R間隔を32分割した連続 Cine-MR 画像を作成した。繰り返し時間55~60msec、エコー時間13msec、フリップ角20°、マトリックス256×128、加算回数2回、厚さ10mm、FOV 28cmにて、左房上縁から左室下縁までを等間隔にてスキャンし横断像を得た。

今回は、これらの心臓の Cine-MRI を用い、大動脈について以下の方法により retrospective に検討を加えた。

1) Cine-MRI 横断像のうち、左室中部レベルの胸部下行大動脈に関心領域を設定する。

2) 我々の装置では、拡大画像での面積計算が困難であり、面積測定の見誤差を少なくするために、以下の手順にて大動脈内腔の面積を測定した。32時相の大動脈の画像を実寸大に拡大現象し、医用画像ファイリングシステム TDIS-FILE-500 (東芝)に入力し、同装置のCRT画像上で、拡大表示し、各時相ごとの大動脈内腔の横断面積を計測し



a)



b)

Fig. 1 CRT image of the image analyzing instrument measuring a luminal area of the descending aorta. a) : systole, b) : diastole.

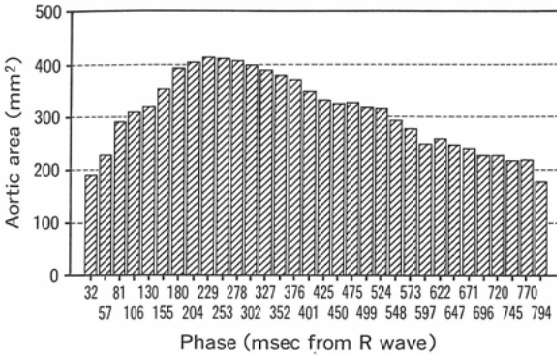


Fig. 2 A case of 28 years old male with an aortic regurgitation. Sequential change of the aortic luminal area during one cardiac cycle.

た。(Fig. 1, 2)大動脈内壁のトレースは、TDIS-FILE-500上での、表示ウィンドウ、レベルを一定にし手動で行った。アーチファクトが含まれている場合は、前後の心時相の画像を参考に辺縁を決定した。なお、CTフィルムを、TDIS-FILE-500に入力する際の読み取り装置のサンプリングピッチは200ミクロンである。

3) 大動脈の伸展性 (Aortic Distensibility, 以下A.D.) を以下のように求めた<sup>4)</sup>。

$$\text{A.D.} = \frac{A' - A}{\Delta P} \quad (\% \text{ change in area/mmHg})$$

A': 収縮期における最大面積

A: 拡張期における最小面積

$\Delta P$ : 脈圧

ただし、脈圧については、20例においては心臓カテーテル検査時に下行大動脈において直接計測し、また全例においてMRI検査直前直後の血圧計による平均値を求めた。

4) 大動脈の蛇行が著しく強い症例、大動脈内の乱流によるアーチファクトが強く、内壁の同定が困難な症例は、今回の検討の対象から除外した。

こうして求めたA.D.を、年齢、冠動脈疾患の有無、その罹患枝数と比較検討した。またA.D.を測定した患者の内、同時期に血中のT. CHO (Total cholesterol), HDL. CHO (High density lipoprotein cholesterol) を測定している者について、

動脈硬化指数<sup>5)</sup> (T. CHO - HDL. CHO) / HDL. CHOを求め、冠動脈疾患との関連を加えた。また、A.D.と動脈硬化指数の両者を併せた冠動脈疾患の出現率への関与も同時に検討した。

統計学的検討は、冠動脈疾患の有無とA.D.および動脈硬化指数との関連、および冠動脈疾患の罹患枝数との関連については、Wilcoxon検定、A.D.と動脈硬化指数両者との関連については $\chi^2$ 検定を用い、5%の危険率以下を統計学的な有意差ありと判定した。

## 結果

(1) まず、A.D.の値を求めるのに、心臓カテーテル時の実測値を用いるのは、侵襲的であるので、下行大動脈にて直接圧測定を行った20例について、実測値と血圧計によって求めたA.D.の相関を調べた (Fig. 3)。両者の間には相関係数0.929 ( $p < 0.001$ )の高い相関が得られたので、以降、脈圧は血圧計の値を用いることにした。

(2) 全症例のA.D.と、年齢の関係をFig. 4に示す。A.D.は、加齢により直接的に低下する傾向がみられ、単相関係数は $-0.762$  ( $p < 0.005$ )で、有意な負の相関がみられた。

(3) 冠動脈造影を施行した47例について、その罹患枝数とA.D.の関係をFig. 5に示す。罹患枝

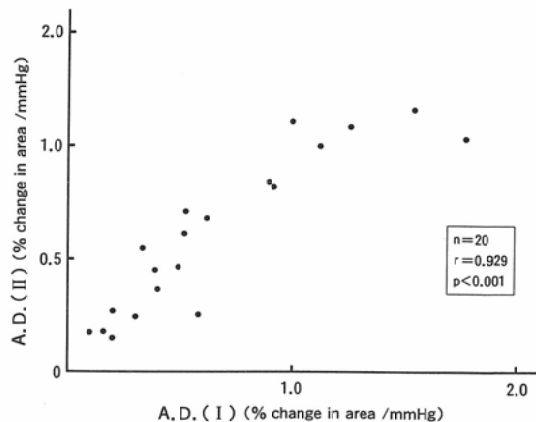


Fig. 3 Relationship between the two A.D. values calculating from the different pulse pressure: A.D. (I) Calculated with using pulse pressure measured in cardiac catheterization procedure. A.D. (II) calculated with using pulse pressure measured by conventional sphygmomanometer.

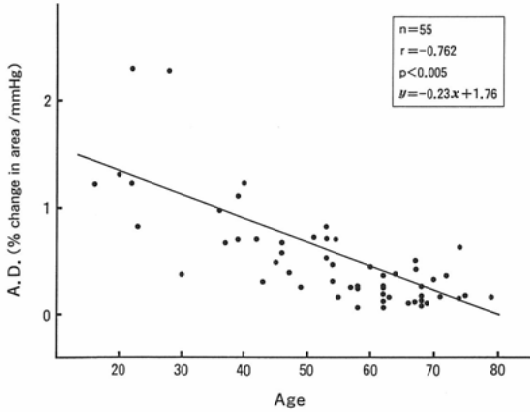


Fig. 4 Relationship between the age and the aortic distensibility.

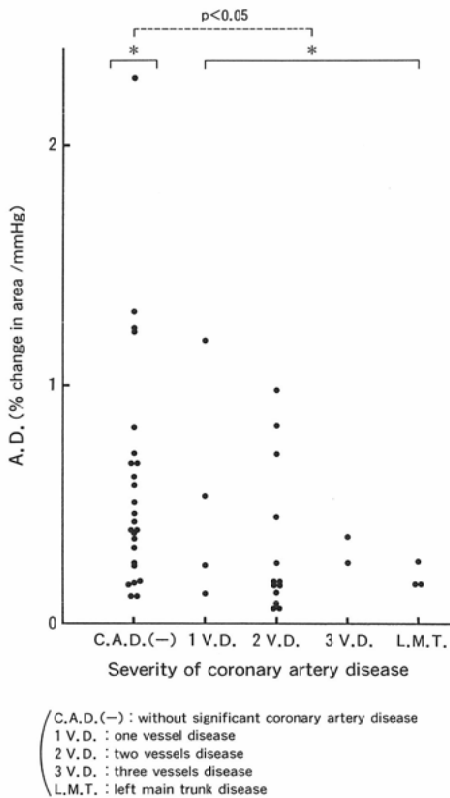


Fig. 5 Relationship between the severity of coronary artery disease and the aortic distensibility.

数が進行するにつれ、A.D. は低下する傾向にあった。有意な狭窄所見のない25症例と、1枝病変以上の有所見例22例との間には、Wilcoxon検定に

Table 1 Correlation of the aortic distensibility with a reference to the existence of coronary artery disease with dividing into two age groups

Age	Aortic distensibility (% change of area/mmHg) with SD	
	without CAD(n=27)	with CAD(n=22)
30-60	0.560±0.261(14)	0.527±0.359(11)
61-80	0.292±0.163(13)	0.162±0.079(11)

Table 2 Correlation of the atherogenic index with a reference to the existence of coronary artery disease with dividing into two age groups

Age	Atherogenic Index with SD	
	without CAD(n=21)	with CAD(n=17)
30-60	3.03±1.37(12)	4.92±2.49(7)
61-80	2.89±1.34(9)	4.64±2.81(10)

おいて、5%の危険率で有意差を認めた。3枝病変、左主幹病変例は、A.D.の低い傾向にあったが、個々の群間には統計学的な有意差は認めなかった。

(4) 30歳以上の冠動脈疾患のある患者22例とない患者27例について、60歳以下、61歳以上に年代を分け、それぞれにおいてA.D.の比較をおこなった(Table 1)。A.D.は両群とも、冠動脈疾患群において低い傾向を示し、61歳以上の群においては、5%の危険率で有意差を認めた。

(5) 血清中のtotal cholesterol, およびHDL cholesterolを測定している30歳以上の38例について、同様に、60歳を境界として、動脈硬化指数と冠動脈疾患との関連性を検討すると(Table 2)、統計学的な有意差はないものの、それぞれの群において、冠動脈疾患群の動脈硬化指数が高い傾向にあった。

(6) 動脈硬化指数およびA.D.が測定し得た44例について、その両者と冠動脈疾患との関連をFig. 6に示す。仮に、A.D.において0.4、および動脈硬化指数において5を境界とし、これら44症例を4群に分け、それぞれの群における冠動脈疾患の割合をみると、動脈硬化指数が5以上、A.D.が0.4未満の群においては、6例中5例、逆に動脈硬化指数が5未満、A.D.が0.4以上の群において

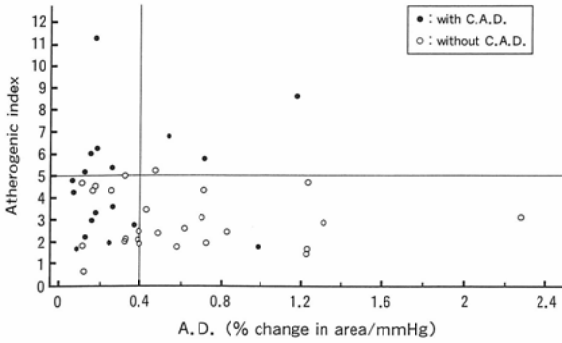


Fig. 6 Relationship between the aortic distensibility and atherogenic index concerned with accompanying coronary artery disease.

は、14例中1例であった。動脈硬化指数が5以上、A.D.が、0.4以上の群、および5未満、0.4未満の群においては、それぞれ、4例中3例、20例中9例の割合であった。これらの4群における、冠動脈疾患の出現率には、統計学的に1%の危険率で関連性が認められた。

### 考 察

画像診断を用いた動脈硬化の評価については、高須ら<sup>6)</sup>が、X線CTを用い、大動脈の内膜変化の詳細な検討を行っており、CTで描出される内膜の肥厚、石灰化といった変化が、動脈硬化性の各臓器疾患の頻度及び動脈硬化危険因子と関連していると述べている。また、山内ら<sup>7)</sup>は、MRIによる大動脈壁の肥厚、不整像等の所見が血清脂質の動向と有意な相関があることを報告している。

これらの報告は、主に大動脈壁の形態学的変化を中心に動脈硬化を論じているものであるが、通常、臨床の場で用いられる脈波速度(Pulse Wave Velocity)<sup>8)</sup>に対応するような動脈の伸展性の評価を画像によって行っている報告は少なく、今回、我々が行ったような、MRI画像を用いた大動脈の伸展性の評価については、Mohiaddinら<sup>9)</sup>による心電図同期Spin Echo法を用いた同様の報告があるに過ぎない。今回、我々が、同様の目的にCine-MRIを応用したのは、心周期内の時相の正確な決定が困難な心電図同期SE法に比べ、R-R間隔を多分割した連続画像であるCine-MRIが、心周期に伴う大動脈径の変化を正確な時相で測定

し得る<sup>10)</sup>と考えた為である。

今回の検討では、加齢による大動脈の伸展性の低下が明瞭に示された。これは、MohiaddinらのMRIを用いた検討<sup>9)</sup>、高橋らの、脈波速度(Pulse Wave Velocity)の同一症例における経年変化の検討の結果<sup>11)</sup>と一致する。

この加齢による大動脈壁の伸展性の低下の原因は、すなわち大動脈の動脈硬化にあると考えられるが、増田らによると<sup>12)</sup>、動脈硬化は、基本的に、中膜の伸展性の低下と内膜の粥状変性という二つの要素に大きく分けられるという。前者の病理学的背景については、中膜の弾力繊維の減少、消失、酸性ムコ多糖体の蓄積と言ったものが挙げられている<sup>13)14)</sup>が、後者の内膜の形態変化と大動脈の伸展性との関連については未だ十分な解明がなされておらず、大動脈の伸展性と内膜の粥状硬化との関連を否定する報告<sup>15)</sup>や、両者の関連性を示唆する報告<sup>15)16)</sup>など様々な見解がみられる。

したがって、大動脈の硬化という現象を、X線CT像で描出される内膜の肥厚、石灰化等の形態変化のみで論じるのではなく、今後は、我々が行ったような大動脈の伸展性の評価、つまり機能的側面との関連性の評価が必要になっていくと思われる。また、脈波速度が、大動脈全体の硬化度の指標であるのに対して、MRI、US等のcross section imageは、大動脈の局所的な伸展性の評価を可能にすることも大きな特徴と思われ、前述したような同じcross section imageであるX線CTでの内膜の形態変化との関係がin vivoで比較検討され得る可能性をもっていると考えられる。

今回は、ルーチンの心臓のCine-MR画像を、retrospectiveに検討し、比較的信号の乱れの少ない胸部下行大動脈に関心領域を設定したが、大動脈のどの部位の伸展性の評価が最も早期にその患者の大動脈の硬化度を反映しているのかという点も大きな課題として挙げられる。通常、大動脈の硬化性変化は、腹部大動脈に、早期に強く生じると言われているが、逆に高須<sup>6)</sup>、平井ら<sup>17)</sup>は、胸部下行大動脈の硬化先行性を報告している。今後は、これらの未解決の問題点を考慮し、大動脈の各部位の伸展性の評価、及びそれらの経年的変化と

いった観点からの研究が必要になろう。

今回の研究のひとつの大きな検討項目であった大動脈の伸展性と虚血性心疾患の有無およびその程度との関連については、統計学的に不十分なながらも、いくつかの傾向が示された。

今回の検討では、冠動脈疾患のある患者においては、A.D. が低下している傾向が認められ、また、冠動脈造影における罹患枝数が進行するほど A.D. が低下する傾向も認められた。これらの結果は、大動脈の伸展性が、前述のように加齢にともなって生理学的に減少していくのに加え、“病学的な動脈硬化”が、冠動脈疾患の患者においては相加されていることを示唆している。Mohiaddin<sup>9)</sup>も、胸部大動脈のコンプライアンスが、冠動脈疾患群において有意に低下していることを報告しており、われわれの結果と一致する。

一方、動脈硬化指数との関連においても、ほぼ同様の傾向がみられ、冠動脈疾患群において、高い数値を示す傾向にあった。冠動脈疾患へのコレステロールの関与については、従来より広く言われていることであり、都島ら<sup>18)</sup>は大動脈の硬化性変化が加齢による影響が強いのに対して、冠動脈の変化は血清コレステロール値の関与が高いと報告している。しかし、血清コレステロール値が低い患者においても、冠動脈疾患が発症する症例に遭遇することも多く、これらの患者のリスクの推定が、大きな課題でもある。

今回は、Fig. 6 に示すように、便宜上、患者群を4群に分類して、それらの冠動脈疾患の有病率を検討したが、結果に示すように、これらの群の有病率には有意差が認められた。つまり、動脈硬化指数が高く、A.D. が低下している群が、冠動脈疾患の高リスク群、逆に動脈硬化指数が低く、A.D. が高い群が低リスク群として分類されることになった。ここで、動脈硬化指数のみに注目すると、動脈硬化指数が5未満の34例中、10例に冠動脈疾患が認められ、しかも、これらの患者のA.D. は、1例を除いて、全て0.4未満の低い値を示している。これは、上記の高コレステロール血症を有さない患者のリスクの推定において、A.D. の低下という要素を加えることにより、それが可能にな

り得ることを示唆しているものと考えられる。

これらの因果関係をより確実にするためには、症例数の蓄積はもちろんのこと、大動脈伸展性の異なる患者それぞれにおいて、その後の虚血性心疾患を含んだ臨床経過の解析が是非とも必要になると思われる。

今回の Cine-MRI を用いた研究では、以下に述べるような技術的側面における問題点がある。まず、空間分解能に劣る Cine-MRI によって大動脈の微少な動態を評価する場合、目視によるトレースでは、測定上の誤差が大きくなる可能性があることである。このため、方法の項でも述べたように、画像解析装置を介在させ、画像を拡大させることによって誤差の軽減に努め、各時相の測定時に CRT 表示の条件を一定にし、内腔の面積変化をより正確に計算できるように努めた。更に、正確な数値を求めるためには、撮像時に、大動脈のみに FOV を絞る方法もあるが、Cine-MRI の主目的が心機能の解析であるため、このような検査はどうしても日常の検査業務に組み込みにくい。また、大動脈の蛇行がある場合、その内部の血流の乱れによって信号の乱れが出現することがあり、大動脈内腔のトレースが困難になる症例があること、また計算に用いた脈圧が、MRI 画像収集時のリアルタイムな値ではない点も厳密には大きな問題である。ただし、最後の点に関しては、非観血的な検査法として大動脈の伸展性を評価する為には、現行の方法をとらざるを得ない。

おわりに、以上述べてきたように、動脈硬化という疾患の概念、その進展の形式等、未だにその体系が確立されていない点があるが、一般に言われている CT 等による形態的な側面<sup>6), 21)</sup>に加え、その伸展性という機能的な側面での研究が、この Cine MRI を用いることにより、非観血的に行い得る可能性があることを強調したい。

#### まとめ

1. Cine-MRI による、大動脈の伸展性の評価を、虚血性心疾患22例を含む55例について行った。
2. Cine-MRI は、心周期による大動脈の拍動性の動きを正確に捉え、その伸展性の評価に有用であった。

3. 大動脈の伸展性は、加齢とともに低下した ( $r = -0.762$ ,  $p < 0.005$ ).

4. 虚血性心疾患の患者は、非虚血性心疾患の患者に比べ、伸展性が低い傾向にあった ( $p < 0.05$ ).

5. 動脈硬化指数の低い患者においても、大動脈の伸展性が低下すると、冠動脈疾患の割合が増加する傾向がみられた.

6. 以上より、Cine-MRI によって得られた大動脈伸展性のパラメーターは、大動脈の加齢による伸展性の低下を明瞭に描出し得ると共に、病理学的な硬化をも表現しうる事が示唆された。このことは、高コレステロール血圧が明らかではない患者の冠動脈疾患のリスクを推定する上で、このパラメーターが一助となり得る可能性を示しているものと思われた。

稿を終えるにあたり、Cine-MRI 検査の施行、および技術的助言において多大な御協力を頂いた、滋賀医科大学中央放射線部技師、小水 満、池本嘉範、松尾 悟各氏に、また、症例の提供に快く御協力を頂いた、本学第一内科の諸先生方に、深い謝意を表します。

本論文の要旨は、第16回日本磁気共鳴医学会大会(1990, 9. 20. 名古屋)、第50回日本医学放射線学会総会(1991, 4. 9. 京都)において発表した。

#### 文 献

- 1) 稲垣義明：脈管疾患に対する X 線 CT, MRI, ポジトロン CT の役割と相互比較, 脈管学, 27: 3-18, 1987
- 2) AHA Committee Report: A reporting system on patients evaluated for coronary disease. Circulation 51: 5-40, 1975
- 3) Wehrli FW: Introduction to Fast-scan Magnetic Resonance, General Electric, 1986
- 4) 臼井由行, 清水康廣, 内田發三, 他: ダクロン人工血管の器質化がコンプライアンスに及ぼす影響について, 人工臓器, 17: 675-678, 1988
- 5) 山口 洋, 中西成元, 西山信一郎: 冠動脈造影法, 内科セミナー CV4, 心臓・大血管の X 線診断・RI 診断, 永井書店, p276, 1982
- 6) 高須準一郎: 造影 X 線 CT による大動脈内膜変化の検討, 脈管学, 30: 1205-1213, 1990
- 7) 山内喜夫, 甲田英一, 市橋保雄: 胸部大動脈硬化と血清脂質, アポ蛋白の検討—MRI による胸部大動脈の観察—, 脈管学, 31: 59-63, 1991
- 8) 長谷川元治: ヒト大動脈脈波速度に関する基礎的研究, 慈医誌, 85: 742-760, 1970
- 9) Mohiaddin RH, Underwood SR, Bogren HG, et al: Regional aortic compliance studied by magnetic resonance imaging: The effects of age, training, and coronary artery disease. Br Heart J 62: 90-96, 1989
- 10) Glover GH, Pelc NJ: A rapid-gated cine MRI technique. (In) Kressel HY, ed: Magnetic Resonance Annual 1988, p299-333, 1988, Raven Press, New York
- 11) 高橋道子: 同一症例における脈波速度の経年的変化, 脈管学, 24: 637-643, 1984
- 12) 増田善昭, 高須準一郎, 榊原 誠, 他: 非観血的画像診断法による動脈硬化の診断, 動脈硬化, 18: 1081-1089, 1990
- 13) 中島輝之, 谷川純二, 山本秀雄, 他: 人大動脈の硬化と老化, 脈管学, 12: 85-91, 1972
- 14) Schlatmann TJ, Becker AE: Histological changes in the normal aging aorta: Implications for dissecting aortic aneurysm. Am J Cardiol 39: 13-20, 1977
- 15) Farrar DJ, Green HD, Wanger WD, et al: Reduction in pulse wave velocity and improvement of aortic distensibility accompanying regression of atherosclerosis in the Rhesus monkey. Circ Res 47: 425-432, 1980
- 16) 細田泰弘, 石井寿晴: 大動脈中膜の弾性繊維および基質の変化について, 脈管学, 18: 421-428, 1978
- 17) 平井忠和, 川崎 健, 八木晋一, 他: Arterial tree の系統的動脈硬化度分布の非観血計測—健常群, 動脈硬化群の対比—, 脈管学, 26: 335-340, 1986
- 18) 都島基夫, 内藤博昭, 河口明人, 他: 脂質代謝異常は腹部大動脈の粥状硬化より冠動脈硬化により強く関与する—動脈硬化症の臨床的研究, 第 8 報—, 動脈硬化, 15: 1609-1617, 1988
- 19) 井手 宏, 栗原教光, 間島寧興, 他: X 線 CT による大動脈硬化の定量化—CT 値の度数分布を用いた新しい方法—, 日老医誌, 26: 571-576, 1989