

## 断層心エコー図における心筋像の texture 分析とその問題点

## Analysis of myocardial texture in two-dimensional echocardiographic images

河村 邦彦  
菱田 仁  
坂部 慶幸  
村島 謙  
杉浦 宜樹  
小山 優三  
児玉 光史  
萩原 和光  
水野 康

Kunihiko KAWAMURA  
Hitoshi HISHIDA  
Yoshiyuki SAKABE  
Yuzuru MURASHIMA  
Yoshiki SUGIURA  
Yuzo KOYAMA  
Koshi KODAMA  
Kazumitsu HAGIWARA  
Yasushi MIZUNO

### Summary

To evaluate tissue changes, we studied myocardial texture using two-dimensional echocardiographic images.

We investigated 19 normal subjects, 28 patients with left ventricular hypertrophy, and 12 patients with old anteroseptal myocardial infarction of longer than one year duration. Using 2.5, 3.5, and 5.0 MHz transducers, two-dimensional echocardiograms in the parasternal long-axis view were obtained, and the textures of the interventricular septal images were classified in three types; type I, with a nearly uniformly speckled or echolucent appearances; type II, with multiple, discrete, small (2 to 4 mm) highly refractile echoes; type III, with larger highly refractile echoes (greater than 4 mm) appearing as a cluster of broad patches or band-like echoes.

Normal subjects belonged to the type I texture, while many with left ventricular hypertrophy belonged to the type II category. Type III was often observed in patients with old anteroseptal infarction. Using a transducer of higher frequency, there tended to be a shift from type II to I or type III to II.

In phantom experiments using carbolandam granules instead of the myocardium, the echocardiographic texture became rough when the phantom was farther from the transducer or the transducer was of low frequency.

We suggest that the texture in two-dimensional images may reflect myocardial tissue changes, when other factors including the apparatus and technique remain stable.

藤田学園保健衛生大学医学部 内科  
豊明市沓掛町田楽ヶ窪 1-98 (〒470-11)

Department of Internal Medicine, Fujita-Gakuen  
Health University School of Medicine, 1-98 Dengaku-  
gakubo, Kutsukake, Toyoake 470-11

Received for publication September 14, 1987; accepted October 31, 1987 (Ref. No. 32-PS20)

**Key words**

Two-dimensional echocardiograms  
septum Phantom

Tissue characterization

Myocardial texture

Interventricular

はじめに

断層心エコー図による組織性状診断を目的として、我々は市販の断層心エコー図の輝度を計算機画像処理して、心室中隔心筋像の平均エコー強度およびエコー強度分布のヒストグラムを求め、検討してきた<sup>1,2)</sup>。しかしながら、症例によっては、平均エコー強度やエコー強度分布のヒストグラムは同一であっても、心筋エコーの肌理 (texture) に差のある事が起こりうる。そこで、心室中隔心筋像の texture の分析を目的として、エコー輝度の粒状性の肉眼的分類と基礎疾患とを対比し、また使用探触子周波数との関係を検討した。さらにファントムを用い、粒状パターンに影響を及ぼす諸因子についても検討を行った。

対象と方法

1. 臨床例での検討

対象は若年健常男子7例(年齢24~33歳, 平均29.3歳), 明らかな心疾患を有しない中・高齢者12例(男6例, 女6例, 42~76歳, 平均59.1歳), ST-T変化を伴わない左室肥大18例(男15例, 女3例, 20~80歳, 平均48.1歳), ST-T変化を伴う左室肥大10例(男3例, 女7例, 20~79歳, 平均56.0歳), 発症から1年以上経過した陳旧性前壁中隔心筋梗塞12例(男10例, 女2例, 48~78歳, 平均62.6歳)である。

以上の59例について市販のヒューレット・パッカード製77020AC型セクター電子走査型超音波装置を用い、傍胸骨左室長軸断面を記録した。第4肋間胸骨左縁に中心周波数2.5MHzの探触子を置き、呼気時に記録を行った。本装置のdynamic range, いわゆるSTC (sensitivity time control) に相当するgain controlの設定は固定せず、各症例について、目的構造物が最も明瞭に

画像表示されるように、すなわち心室中隔の心筋内部の粒状エコーを最も観察しやすいように調節した。モニターテレビの輝度, コントラストも固定しなかった。本装置よりビクターCR-8300ビデオテープレコーダー(VTR)に記録した。ビデオテープにはソニーUマチックテープを使用した。その後、テープより画像を再生し、心筋エコー像をパターン化し、肉眼的にI型, II型, III型に分類した。

I型は心内膜面の強いspecularエコーを除くと、心室中隔に強いエコーを認めず、細かな粒状エコーのみが存在するタイプ、II型は心室中隔に実寸で2mm以上, 4mm以下の粒状の強いエコーが散在するタイプ、III型は4mm以上の大きい粒状エコーが密集し、症例によってはむしろ帯状に輝度増強がみられるタイプとした(Figs. 1~4)。

次に同様の症例について、中心周波数3.5MHzと5MHzの探触子を用いて同様に記録し、textureに対する探触子周波数の影響について検討した。すなわち、探触子周波数を変化させる事によって、2.5MHzの探触子では、I型, II型, III型と分類されている症例が、分類上どのように変わっていくかを検討した。

2. 実験的検討

ファントムは、シリコンゴム中に、散乱体として波長レベルの大きさを持つカーボランダム結晶性ケイ素炭化物粉末を含有している(Fig. 5)。使用したファントムは、散乱体の体積密度1%で散乱体の平均の大きさ0.297~0.350mmのものと、それぞれ4%と0.105~0.125mm, 1%と0.105~0.125mmの3種である。このファントムを水槽中に置いて、プラスチック製の枠に固定し、超音波がファントムに垂直に入射するようにして、断層エコー図を記録した。装置にはセクター機械走

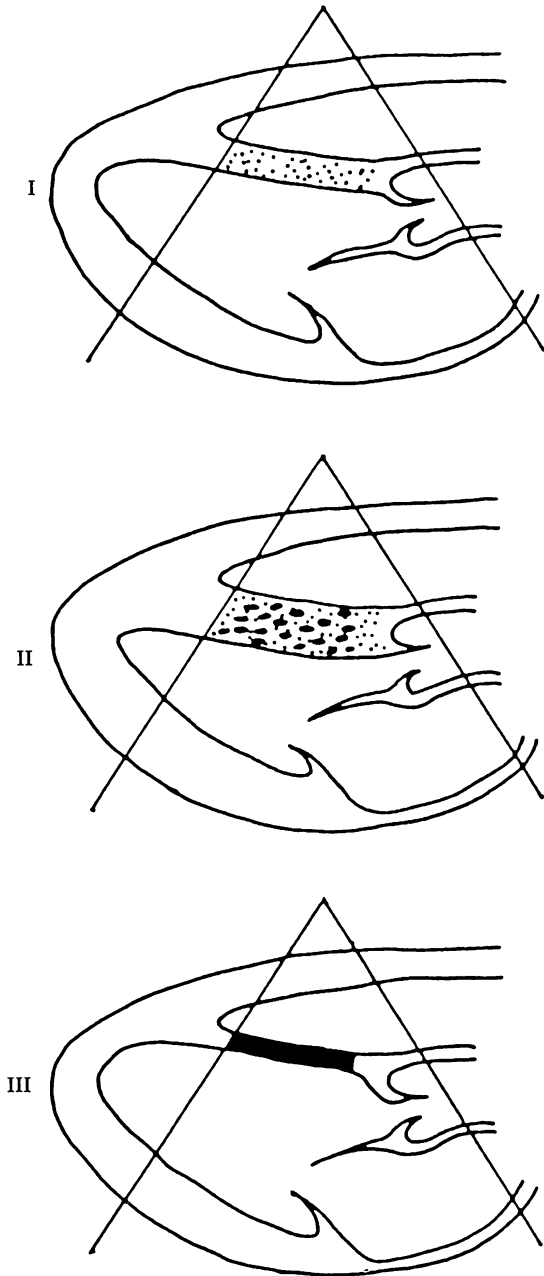


Fig. 1. Types of myocardial texture of the inter-ventricular septum.

査型超音波診断装置, 探触子周波数 2.0, 5.0 MHz (アロカ製 SSD-730) およびセクター電子走査型超音波診断装置, 探触子周波数 2.6 MHz (アロカ製 SSD-860) を用いた. なお, SSD-730 の周波数 2 MHz の探触子の距離分解能は 3 mm, 方位分解能は 3 mm, 焦点距離は 12 cm である. SSD-730 の周波数 5 MHz の探触子の距離分解能は 1 mm, 方位分解能 2 mm, 焦点距離 4 cm である. SSD-860 の周波数 2.5 MHz の距離分解能は 1 mm, 方位分解能は 3 mm である. これらの装置により, 第 1 にファントムを探触子から 3 cm の距離におき, 探触子周波数を 2.0 から 5.0 MHz に増加させ, 探触子周波数の粒状エコーに与える影響を観察した. 第 2 に, 探触子からファントムまでの距離を 3.0 から 6.0 cm と増加させ, 心筋の粒状エコーに対する影響をみた. 第 3 にセクター電子スキャンを用い, ファントムと探触子の距離を 6 cm とし, 扇形画像の中央部と辺縁部との心筋内粒状エコーの差をみた. 第 4 に 3 種の異ったファントムの粒状パターンの違いを, それぞれ肉眼的に観察し比較した.

## 結 果

### 1. 臨床例での粒状パターンと基礎疾患の関係

2.5 MHz の探触子で記録した断層心エコー図について, 各種疾患における心室中隔の texture の分類では, 若年健常者は全例が I 型であり, 高齢健常者は 12 例中 10 例が I 型, 2 例が II 型であった. ST-T 変化を伴わない左室肥大では, 18 例中, I, II 型とも 9 例, ST-T 変化を伴う左室肥大では 10 例中, 過半数が II 型 (7 例) であった. 陳旧性前壁中隔心筋梗塞 12 例では, I 型 2 例, II 型 3 例, III 型 7 例であった (Fig. 6). 対象とした 59 例中 45 例の健常者, 左室肥大例, 陳旧性前壁中隔心筋梗塞例について, 探触子周波数の相違 (2.5, 3.5, 5.0 MHz) による心筋像の texture の分類では, 2.5 MHz では, I 型 27 例, II 型 11 例, III 型 7 例であったが, 3.5 MHz では I 型がやや増し (29 例), 5.0 MHz では, I 型が増加して

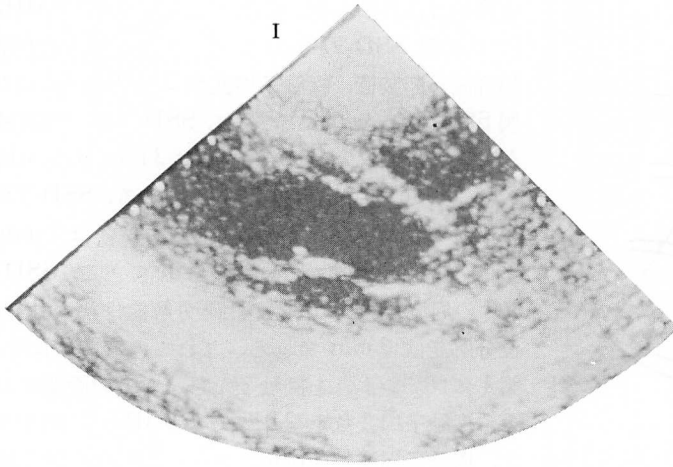


Fig. 2. Type I texture in a normal young adult.

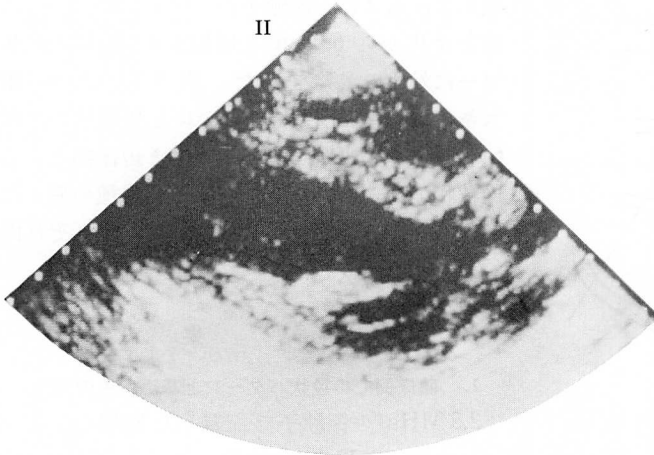


Fig. 3. Type II texture in a case of left ventricular hypertrophy.

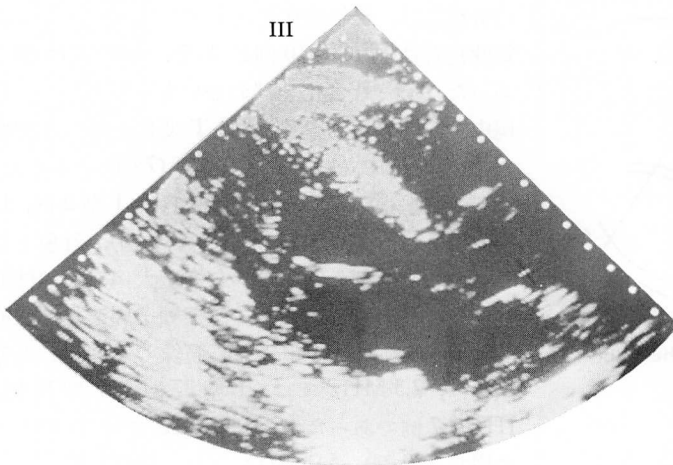


Fig. 4. Type III texture in a case of old anteroseptal myocardial infarction.

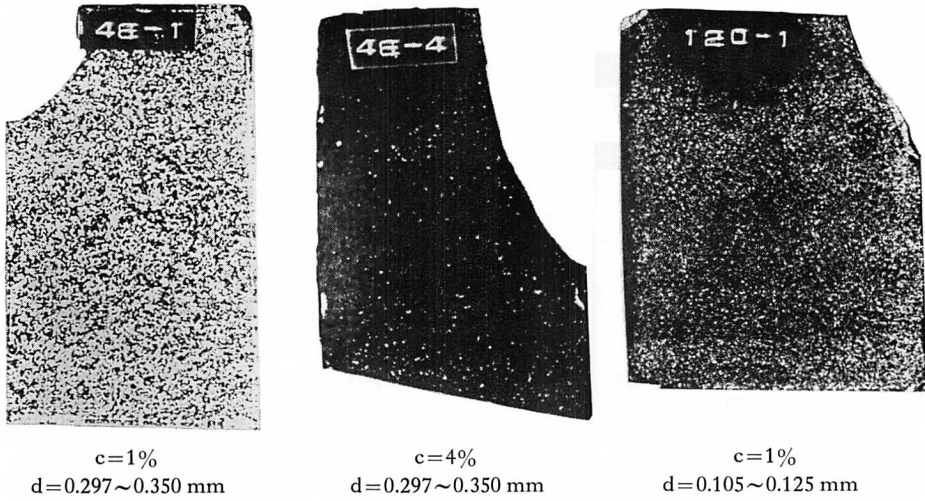


Fig. 5. Phantoms used in the experiments.

c=contents (volume %) of scatterers; d=dimension of each scatterer.

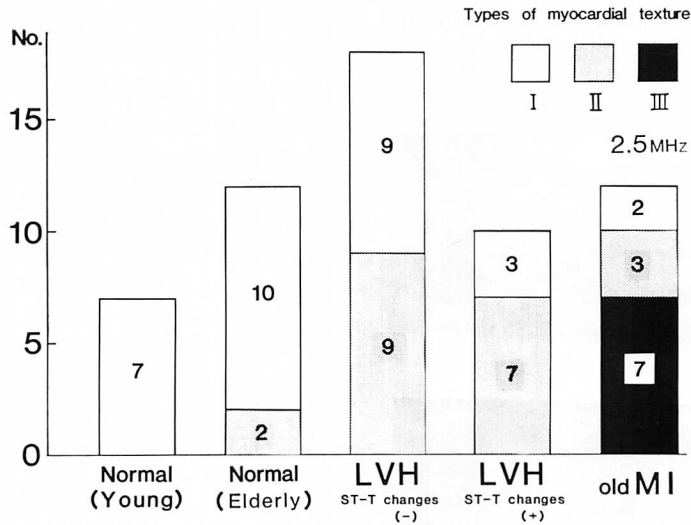


Fig. 6. Frequency distribution of three types of myocardial texture in various underlying states.

34例となり、その分、II型とIII型が減少した (Fig. 7).

2. 粒状パターンに影響する因子のファントム実験による検討  
探触子周波数を 2.0 から 5.0 MHz に増加させ

ると、粒状エコーがより細くなる傾向があった (Fig. 8). 探触子からファントムまでの距離を 3.0 から 6.0 cm に増すと、粒状エコーは粗大となる傾向があった (Fig. 9). セクター電子スキャンを用いた画像の中央部と辺縁部との差は、肉眼的に

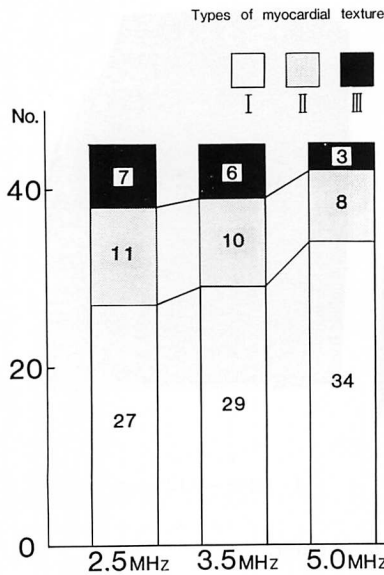


Fig. 7. Changes in the types of myocardial texture induced by the difference in the carrier-frequency of the transducer.

2.0 MHz



5.0 MHz



Fig. 8. Influence of the carrier-frequency of the transducer on the texture of echocardiographic phantom images.

はほとんど認められなかった (Fig. 10). さらに異なったファントムを用いて散乱体の密度や大きさを変化させても、そのエコー像の粒状パターン

の差異は、肉眼的に明瞭には認められなかった (Fig. 11).

### 考 按

断層心エコー図を用いた超音波組織性状診断として、我々はエコー強度の定量的評価、およびエコー強度分布のヒストグラムを分析してきた。またこれらは左室肥大、陈旧性心筋梗塞の診断に加え、急性心筋梗塞発症時期の推定にも有用である事を示した。しかしながら相対エコー強度やエコー強度分布のヒストグラムが全く同一であっても、texture に差のある事が起こりうる<sup>3)</sup>。

この点を解明するべく、本研究では左室長軸断面心室中隔心筋像の texture を分析した。粒状エコーの疾患別分類について、Bhandari ら<sup>4)</sup>は心室中隔を含む左室壁全体の心筋内エコー強度の分布の差に着目し、視覚的な粒状エコーの大きさと分布状態から、次の4型を分類している。I型は心筋内構造が微細で均一、あるいはエコーが見られないという特徴をもつもの、II型は心筋内の粒状エコーを特徴とする type で、さらにその大きさ、形、分布により3つの亜型に分類している。IIa型は粒状エコーが左室全体に多発しているが、孤立性かつ小さく(3~5 mm)、IIb型はそれと同様の粒状エコーをみるが左室全体には分布していないもの(心室中隔のみに分布)、IIc型はIIa型あるいはIIb型にみられる分離した粒状エコーではなく、5 mm以上の大きな粒状エコーが層状に分布しているものである。

田中ら<sup>5,6)</sup>は、胸壁部エコーと左室外側心膜エコーとがほぼ同じレベルになるよう、STCを用いて調整し、心臓部分を覆う音波分布をほぼ均一と見做しうる条件とした。このような条件下で断層心エコーを適正感度で記録すると、異常組織部分からは正常組織部分の像ではみられない異常エコーが描出され、その強度も示される。健全な左室壁部分は微細な霧状エコーとして示されるが、心筋症では異常エコーが出現し、その心筋内部の texture を大きく3つに分類した。すなわち I 型

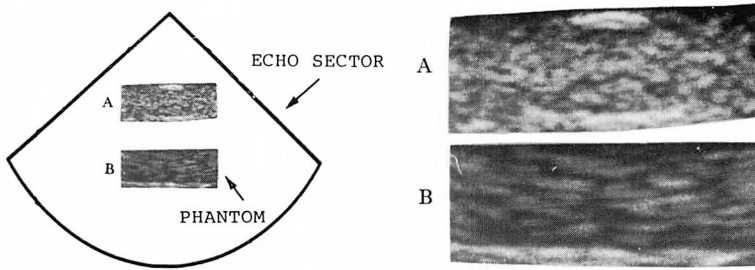


Fig. 9. Effect of distances from the transducer to the phantom on the texture of echocardiographic images.

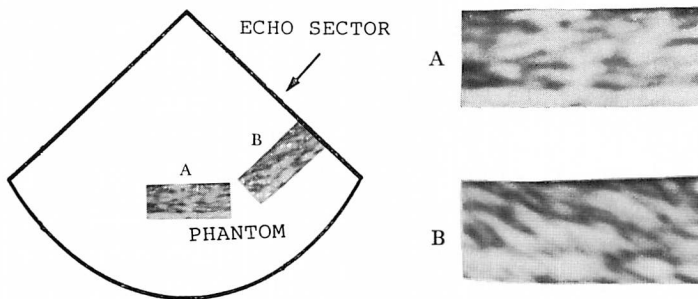


Fig. 10. Difference in the texture according to the position of the phantom images.  
There is the difference in two images situated near the edge (A) and at the center of the scanning sector (B).

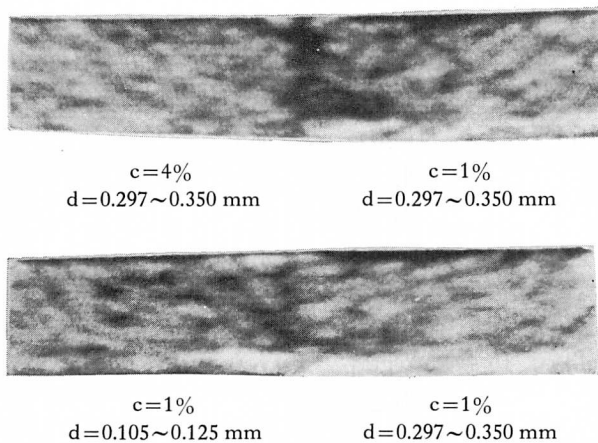


Fig. 11. Difference in the echocardiographic textures of two phantoms differing in content and dimension of scatterer.

は内膜部の強い帯状エコー、II型は内膜部とその近傍心筋部の強い顆粒状エコーを特徴とし、III型は心筋部全層に異常エコーが現れるもので、そのうちIIIa型は不均一で強い顆粒状エコー、IIIb型は比較的均一な中等度の大きさのエコー、IIIc型は微細顆粒状あるいは霧状エコーを特徴とするものである。

我々は2.5 MHzの探触子で記録した断層心エコー図について、各種疾患における心室中隔のtextureを3型に分類した。分類を心室中隔に限定した理由は、左室後壁と心室中隔とでは探触子からの距離に相当な差があり、分解能が異なるために、粒状エコーの形、大きさなどに差を生じる可能性がある為である。我々の行った分類では、若年健常者では全例、高齢健常者でも大半がI型を呈した。このI型における心筋内の細かい粒状エコーは心室中隔と共に動かず、心筋以外の心腔などにみられることから、一種の雑音とも考えられた。左室肥大ではII型が増え、この傾向はST-T変化のある症例でより明らかである。左室肥大では心筋の虚血や様々な程度の線維化があると考えられるので、それらに関連して粒状エコー、すなわちII型が増えていると思われた。ただし、粒状エコーの輝度は非常に強いというものでなく、既報の<sup>1,2)</sup>エコー強度分布のヒストグラムによる分析結果と矛盾しないと思われた。陳旧性前壁中隔心筋梗塞では、大きな粒状の輝度の強いエコーが連続するもの、すなわちIII型が多く認められた。これは、心室中隔が癒痕化して硬くなり、強いエコーをびまん性に生じる為と思われた。

高元ら<sup>7-9)</sup>は、市販のヒューレット・パッカード製77020型超音波診断装置、探触子周波数3.5 MHzと5.0 MHzを用い、16階調のgray scaleを用いて各種疾患の心筋組織性状の半定量的評価を視覚的に行っている。Fabry病では、左室心筋内に全周性、かつびまん性に細顆粒状の高輝度エコーがみられ、心筋生検では、心筋細胞の空胞変性と肥大およびPAS陽性物質の沈着が

みられ、電顕的にはミエリン様物質が認められたという。末端巨大症の左室壁には、全周性かつびまん性に粗大顆粒状の高輝度エコーが散在してみられている。高血圧性心疾患で心筋内に認められる粗大顆粒状エコーのgray levelは、エコー輝度の高い部位と低い部位が混在しているものの、高輝度エコーは心室中隔に偏在する傾向がある。肥大型心筋症では中隔の心筋肥厚部位に一致し、輝度の高い粗大顆粒状エコーを認め、肥厚を認めない後壁部位のgray levelは健常者と同一で、高輝度エコーは心室中隔内に局在していたと報告している。この結果は、心筋内部の変化に応じて粒状エコーの輝度の強さや大きさに差のあるという我々の結果と一致するものである。

このような粒状エコーは心筋の構造にそのまま対応するのではなく、一種のアーチファクトとも考えられ、探触子周波数により影響をうける可能性が考えられた。本研究では探触子周波数の相違による心筋像のtextureを検討したが、2.5, 3.5, 5.0 MHzと周波数が増加するにつれてIII型、II型が減少し、I型が増える傾向があった。これは周波数の違いによる分解能の差に由来するものと思われ、実際、高周波数の探触子を用いた際、II型からI型に変化した症例では、粗大な粒状エコーが消え、代わりにほぼ同じ部位に心筋内構造物を思わせる線状エコーを認める例があった。このように粒状エコーが探触子周波数により変化するという報告は、他の施設からも見られる。

松森ら<sup>10)</sup>は2.4 MHzの探触子を用い、アミロイド心筋症の5例中3例の左室心筋内にいわゆるsparkling granuleを認め、3.5 MHz, 5.0 MHzの探触子でも、両者ともにsparkling granuleを認めたとしている。さらに心筋肥厚を来した大動脈狭窄症例において、2.4 MHzの探触子では心筋輝度はやや増加を示したが、3.5 MHz, 5.0 MHzと探触子周波数を上げると輝度増加は認められなかったと報告している。

心筋のエコーには、血液や心膜・肺との境界で



生じる強い辺縁エコーと、心筋内で生じる弱いエコーとがある。後者は、通常、顆粒状のパターンを示す。我々がいう texture とは、心室中隔の心筋エコーの顆粒状のパターンを意味している。このような texture は2つの要因によって作られていると考えられる。1つは心筋の構造を直接的に反映する顆粒状エコー、他は心筋に由来するが、その構造に対応するものではなく、心筋で散乱された超音波が干渉し合って生じた、いわゆる speckle echo と呼ばれるものである。そのいずれも空間的分解能と密接に関係し、探触子周波数が高くなるほど分解能が増す結果、心筋構造に対応する顆粒状エコーも、また speckle echo も、より細かい粒状エコーとして表現されると推測される。

このような探触子周波数による心筋内粒状エコーの変化は、ファントム実験でも同様で、探触子周波数を増加させると、粒状エコーがより細くなる傾向が示された。この粒状エコーに対し、探触子周波数や探触子と被検体との距離の影響は大きく、被検体が画像の中央部にある時と辺縁部にある時の差や、散乱体の密度や大きさによる差よりも大である。このように心室中隔エコーの粒状パターンは記録方法によって規定され、超音波装置の空間分解能の差はその要因であると思われる。しかしながら、疾患による差を考慮すると、心筋組織の変化が反映されていることも事実であると思われる。

以上より、心筋の粒状パターンは微細構造そのものを表わすものではないが、その情報も含まれており、記録方法を十分考慮すれば組織性状の診断に有用と考えられた。

## 結 語

1. 断層心エコー図による組織性状診断を目的として、心室中隔エコーの粒状パターンを肉眼的に分類して基礎疾患と対比するとともに、粒状パターンに影響する諸因子についても検討した。

2. 健常者は I 型、左室肥大では II 型、陳旧

性前壁中隔心筋梗塞では III 型が多く認められた。

3. 周波数の高い探触子を用いると、II 型、III 型は減少し、I 型が増加する傾向があった。

4. 心室中隔エコーの粒状パターンは記録方法によって規定され、特に探触子周波数や探触子と被検体との距離の影響が大きく、空間分解能の差が要因と思われる、記録方法を十分考慮して判定する必要があると考えられた。

## 要 約

断層心エコー図の心筋像の中には散在する多数の粒状エコーがみられる。この多くは心筋内の小さな散乱体からのエコーの干渉によって生じた speckle と呼ばれるものである。かかる心筋像の肌理(きめ) (texture) は、心筋組織性状を反映する可能性がある。本研究では心疾患の心筋像の texture を分析し、また使用する探触子の周波数との関係につき検討した。対象は健常者 19 例、左室肥大 28 例、陳旧性心筋梗塞 12 例である。

傍胸骨左室長軸像の心室中隔エコーにつき、心筋像の texture を I 型：細かな粒状エコー、II 型：2 mm 以上、4 mm 以下の強い小粒状エコーが散在、III 型：4 mm 以上の大きい粒状のエコーが密集し、症例により帯状の輝度増強をみるタイプの 3 型に分類した。I 型は健常者、II 型は左室肥大、III 型は陳旧性心筋梗塞で、最も高率に認められた。3.5 および 5 MHz 探触子で記録すると、III → II、II → I へと分類が変わる例が数多くみられた。カーボランダム顆粒で作ったファントムを用いた実験では、同じ断層画像上でも、探触子から遠く位置するほど粒状性が粗くなり、探触子周波数が異なると心筋像の texture も変化した。

断層心エコー図心筋像 texture から心筋組織性状を判定するには、記録装置や方法を十分考慮して用いる必要がある。

河村, 菱田, 坂部, ほか

### 謝 辞

本研究に際し, 多大な御協力を頂いた, 名古屋工業大学電気情報工学科 鈴木宣夫教授, 同 岩田 彰助教授, 日立メディコ研究開発センター 堀部勇夫博士に感謝致します。

### 文 献

- 1) 河村邦彦, 菱田 仁, 坂部慶幸, 萩原和光, 酒井泰彦, 水野 康, 梶原克祐, 岩田 彰, 鈴木宣夫, 堀場勇夫: 断層心エコー図のエコー強度の定量的評価: ヒストグラムによる分析. 日超医講演論文集 **45**: 171-172, 1984
- 2) 河村邦彦, 菱田 仁, 坂部慶幸, 萩原和光, 村島謙, 児玉光史, 杉浦宜樹, 小山優三, 水野 康: 断層心エコー図における心筋エコー強度分布のヒストグラムによる検討. J Cardiol **17**: 149-157, 1987
- 3) Skorton DJ, Collins SM, Nichols J, Pandian NG, Bean JA, Kerber RE: Quantitative texture analysis in two-dimensional echocardiography: Application to the diagnosis of experimental myocardial contusion. Circulation **68**: 217-223, 1983
- 4) Bhandari AM, Nanda NC: Myocardial texture characterization by two-dimensional echocardiography. Am J Cardiol **51**: 817-825, 1983
- 5) Tanaka M, Nitta S, Nitta K, Sogo Y, Yamamoto A, Katahira Y, Sato N, Ohkawai H, Tezuka F: Non-invasive estimation by cross sectional echocardiography of myocardial damage in cardiomyopathy. Br Heart J **53**: 137-152, 1985
- 6) 田中元直, 大川井宏明: 超音波による心臓組織診断. 呼吸と循環 **32**: 207-215, 1984
- 7) 高元俊彦, 伊藤 宏, 城山暢博, 伊東春樹, 家坂義人, 谷口興一, 菊田憲二: 十六階調グレイ・レベルによる半定量的組織性状の検討. 日超医講演論文集 **46**: 689-690, 1985
- 8) 高元俊彦, 辻林 隆, 谷口興一, 吉崎 彰, 伊吹山千晴, 家城恵子, 本宮武司, 菊田憲二: Fabry 病, 特定心筋疾患, 肥大型心筋症における超音波組織性状学的診断. 日超医講演論文集 **47**: 791-792, 1985
- 9) 高元俊彦, 辻林 隆, 伊藤 宏, 谷口興一, 菊田憲二: 超音波組織性状: 心筋症. 心筋疾患における心筋組織性状の検討. 日超医講演論文集 **48**: 259-260, 1986
- 10) 松森恵子, 御幡千里, 小西池篤, 森田真弓, 松本敏昭, 谷本真穂, 山本忠生, 岩崎忠昭: アミロイド心筋症の一症例その超音波所見について. 日超医講演論文集 **45**: 209-210, 1984