

JEOL Dynamic Scanner (JXV-3A) による心辺縁運動の動態分析

Dynamic analysis of left cardiac border movement employing JEOL Dynamic Scanner (JXV-3A)

渡辺 滋
 湯村 保夫
 諸岡 信裕
 村木 登
 山崎 茂
 増田 善昭
 稲垣 義明
 大野 博*
 内山 暁*
 有水 昇*
 渡辺 英二**

Shigeru WATANABE
 Yasuo YUMURA
 Nobuhiro MOROOKA
 Noboru MURAKI
 Shigeru YAMAZAKI
 Yoshiaki MASUDA
 Yoshiaki INAGAKI
 Hiroshi OHNO*
 Guio UCHIYAMA*
 Noboru ARIMIZU*
 Eiji WATANABE**

Summary

A study of left ventricular border movement, together with timed recordings of change of X-ray absorption in cardiac border, has been carried out by using a low-dosage X-ray imaging system (JEOL Dynamic Scanner) which developed newly as a whole body computerized tomography (CT) apparatus. This method corresponds to usual roentgen kymography (Rky) and electrokymography, but differs in having a ultra-low dosage. It also permits the appointment of projectile X-ray beams together with digital quantitative measurement of absorption data. The name designated for this method is "X-ray Microbeam Kymography" (Mky).

Methods: Patient was placed in the supine position and left ventricular movement was observed for a few seconds while the patient held his breath at deep inspiration. In addition, the same case study was made employing Rky in the upright position, CT scanning and echocardiography. These data were compared with those obtained by Mky method.

Subjects: The maximum excursion and mean velocity of left ventricular lateral wall were meas-

千葉大学医学部 第3内科

* 同 放射線科

千葉市亥鼻 1-8-1 (〒280)

**日本電子(株)

東京都昭島市中神町 1418 (〒196)

The Third Department of Internal Medicine, and

*Department of Radiology, Chiba University School of Medicine, Inohana 1-8-1, Chiba, 280

**Japan Electron Optics Laboratory, Akishima 1418, Tokyo, 196

Presented at the 15th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Kyoto, October 15-16, 1977

Received for publication December 1, 1977

ured in normal subjects and in cases with old anterior myocardial infarction, high output state and pericardial effusion.

Results: In comparing Mky with Rky and Mky with CT with respect to maximum excursion of left ventricular border, excellent correlation was obtained (Fig. 5, 6).

When the excursion of left ventricular border was measured by Mky in each case, it was 7.6 ± 1.0 mm for normal movement, 4.6 ± 1.3 mm for old anterior myocardial infarction, 9.6 ± 1.7 mm for high output state, and 2.2 mm for pericardial effusion. The tendency for motion was almost the same as that observed with Mky and CT (Fig. 7).

When the Mky-obtained mean velocity of the left ventricular lateral wall was compared with the UCG-obtained velocity of the left ventricular posterior wall, velocity at the posterior wall was generally faster. This was especially notable in cases of old anterior myocardial infarction (Fig. 9).

Key words

Computerized tomography (CT) X-ray microbeam kymography (Mky) Left ventricular wall motion
Cardiac aneurysm

はじめに

近年, X線診断学における computerized axial tomography (CT) の発達には著しいものがある。我々も, 最近開発された全身用 CT 装置 (JEOL Dynamic Scanner) を使用した心臓 CT について, いくつかの報告をしているが^{1,2)}, 今回は, 同一の装置を使って心辺縁部の X 線透過度の時間的変化を記録し, 左室辺縁運動を観察した。本法は, 照射 X 線ビームが直径 1.5 mm と細いマイクロビームを使用しているため, 一箇所の辺縁運動の記録に要する被曝線量は, 3~4 心拍当り数 mRad ときわめて少ないので繰り返し検査できる利点をもつ。なお, 同一例について, CT scan, 胸部 X 線平面キモグラム, および UCG を検査し, 本法による値と比較した。

方 法

本法による X-ray microbeam kymography (MKY) と CT の撮影は, 被検者を安静仰臥位にし, 深吸気位にて行った。また, CT については, これを心電図と同期させ拡張末期と収縮末期にて撮影した。Roentgen kymography (Rky) の装置は, 小泉 X 線工製のラスタ移動法で, 細隙幅 0.5 mm, 露出時間は 1 つの細隙に 3 つ位の波形を

描き出せるように決定し, 被検者を立位, 深吸気位に保ち, PA 方向で撮影した。UCG 装置は, フクダ電子 UCG ポリグラフ Model SSD-90 の連続撮影装置を用い, 被検者を安静仰臥位とした。

JEOL Dynamic Scanner の用途は広いが, その 1 つとして低線量 X 線撮影がある。すなわち, X 線マイクロビームによる胸部全体の高速走査を行い, 人体を透過した X 線量を高感度の NaI シンチレーション検出器で検出し, X 線量に比例したシグナルをコンピューター部分に転送する。この際, 透過度は 0~1,000 の段階として表示される。マイクロビームの走査は, 最下段左端から右端に向けて行われ, この間 100 点 (XL=100) で X 線量の測定が行われる。最右端に達すると 2 段目の最左端にもどり, 再び左から右へ走査し, 以下, これを繰り返し最上段まで 100 段 (YS=100) の scan が行われる。これに要する時間は, 1 段の scan に 150 μ sec, 合計は 1.5 sec である。すなわち, 100 \times 100 点の透過 X 線量が 0~1,000 までの段階として 1.5 sec で検出され, 磁気テープに記録される。つぎに, この磁気テープのデータをディスプレイさせる際, X 線透過量の各数値を約 30 毎に分け, それぞれ等しい数値を結ぶと, 地図の等高線と同様な X 線等透過度曲線 (X-ray contour) が描かれる (Fig. 1)。この場

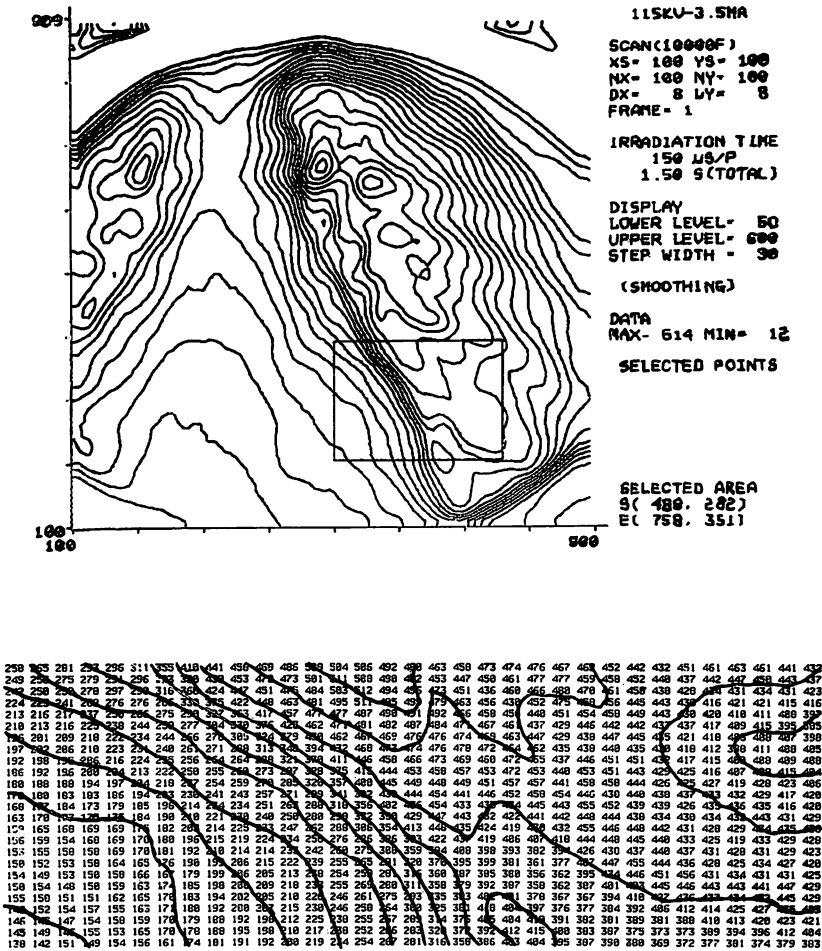


Fig. 1. X-ray contour of the heart and lung by JEOL Dynamic Scanner (Upper) and digital imaging in rectangular area of the upper panel (Lower).

合、像を見やすくするために1,000段階の透過度のうち、任意の下限と上限のレベルを決め、限界以上のものはカットし、また、装置の特性によるX線の両端の感度の違いを考慮して、左心辺縁が中心に近づくように被検者を台の右寄りに仰臥させている。なお、等高線が密な部分は、透過度が急峻に変化する部分、すなわち肺と心臓の境(左心辺縁)とみなし、そのX線等透過度曲線の解剖学的な関係を Fig. 2 左下に示した。Fig. 1 下は、上図の長方形に囲まれた部分の透過度の計数値像を示したもので、これをやはり約30毎に手描き

で結ぶと、上図に示したコンピューターによる等透過度曲線と同様な像が得られた。

以上により得られたX線等透過度曲線像から、心辺縁部の観察したい任意の位置を決め、この指定された位置のX線ビームスキャンを行うことにより、Mky を記録する。すなわち、Fig. 2 左は左心辺縁の観察部位を、エレクトロキモグラムにおける Heckmann の観察部位³⁾に準じて指定したものである。Fig. 2 右上は、Fig. 2 左におけるA線部のスキャン像で、横軸にアドレス、すなわち左右方向の距離、縦軸にX線透過度をと

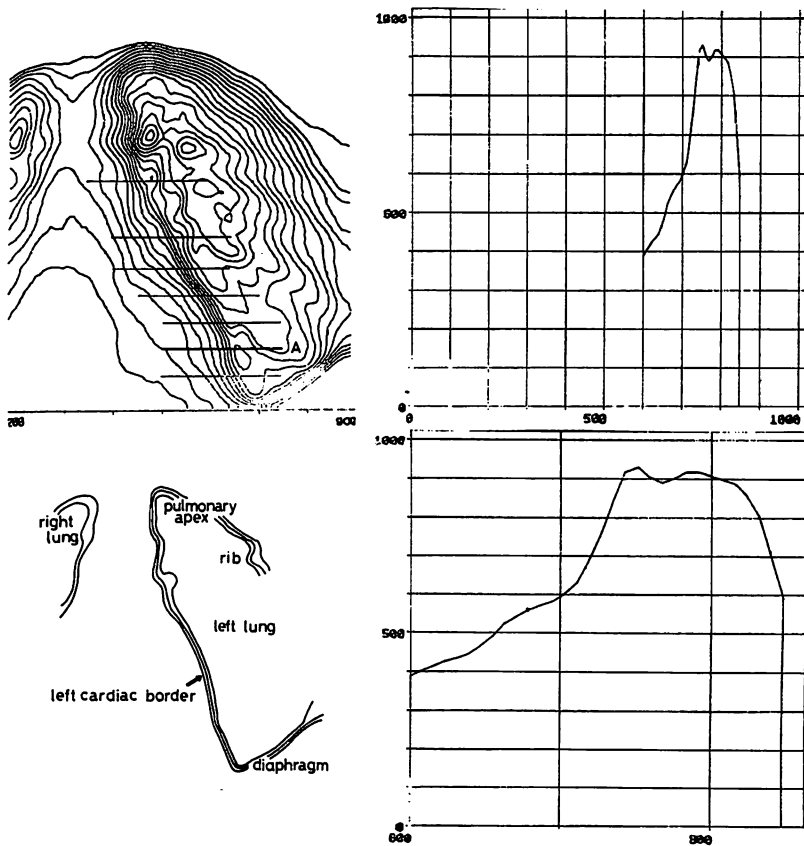


Fig. 2. The optional positions.

Left upper: The optional positions are appointed including left cardiac border, on X-ray contour. Right upper: positional difference of X-ray lucency when scanning is done on A line. A horizontal axis expresses an address and a vertical axis does X-ray lucency. Right lower: The upper panel is magnified horizontally. This is the basis of Mky.

左から右へと、X線透過度の低い心臓側から透過度の高い肺側に向かって記録されている。Fig. 2 右下は、この部分を横に引き延ばしたものである。以上のスキャンをある一定の所要時間(2~4秒)行えば、その部位におけるX線透過度の時間的変化、すなわちMkyが記録される(Fig. 3)。Fig. 3は健康人におけるMkyの1例で、それぞれの走査線の間隔は、この場合51.2 msec(スキャンは256ポイントで1ポイント当り200 μsec)で、下から上に向かって時間の経過を示している。透過度が急に変化する部分を心辺縁とみなし、それを

点線で結ぶと、図のごとく心辺縁の時間的変化を観察できる。Fig. 3左は若年健康者の左室中央部のMkyで、A点は拡張期における最外点であり、B点は収縮期における最内点である。計測に当たっては、このAB間隔を最大運動距離(excursion, E)とし、A点からB点に至る平均勾配を平均収縮速度(mean velocity)とした。また、Fig. 3右はアミルニトリット吸入30秒後の同じ場所のキモグラムであるが、吸入前に比べて心周期は短縮し、最大運動距離と平均収縮速度は大きくなっている。心筋梗塞例のMkyでは、心辺縁運動は健

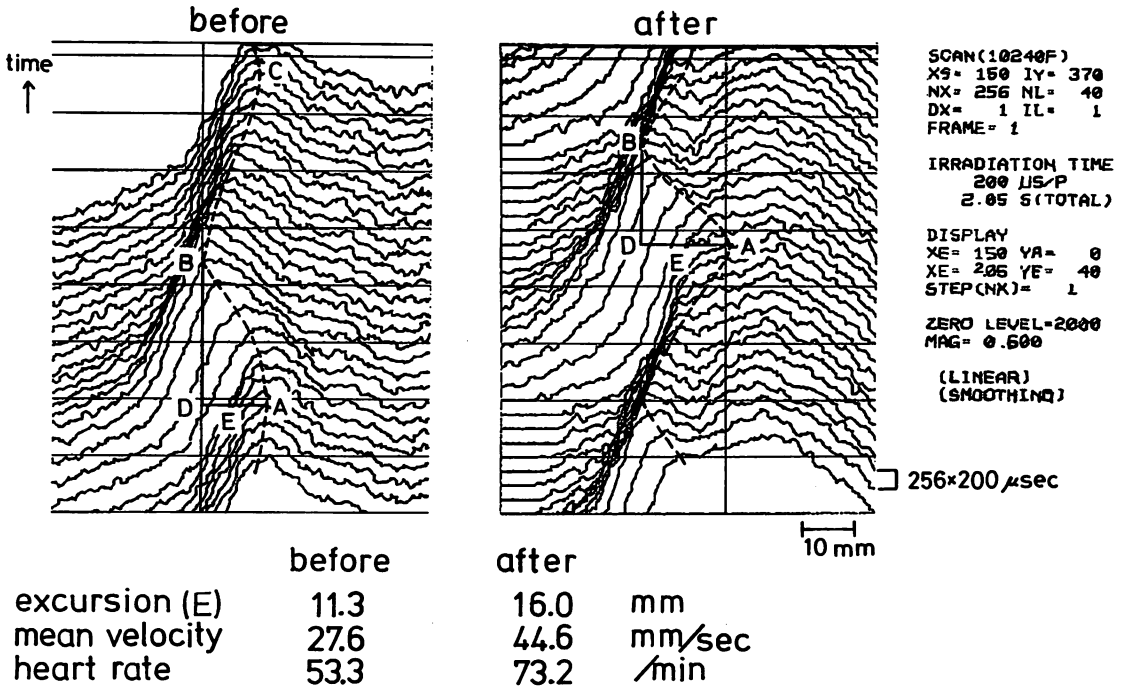


Fig. 3. Example of Mky observed before and after inhalation of amyl nitrite in normal subject.

A blocken line expresses the border between the heart and lung, that is, left cardiac border. Distance between A and D is measured as excursion (E) and AB/BD is measured as mean velocity. Distance between A and C shows one cardiac cycle.

常例に比べて少ない (Fig. 4 左). なお今回は、心辺縁部の各部位における Mky のうち、左室中央部のそれを測定した. 本装置を利用した心臓 CT については、すでに増田ら¹⁾が報告しているので詳細は省くが、計測に当っては、Fig. 4 右の模式図のごとく、左側壁の動きは胸壁に垂直な心辺縁の運動として計測し、後壁の動きは辺縁の接線に対して直角な最大運動として計測した. Rky の測定に際しては、Mky とほぼ同一部位において、拡張期点は心周期の最外縁とし、収縮期点は収縮期脚から拡張期脚に移る最も中心よりの点とし、その2点を結ぶ水平方向の距離を測定した. また、UCG については僧帽弁の見え隠れする位置で、左室後縁の心外膜 (pericardium) の動きを観察した. Mky および Rky では、実測値を管球、左

室側壁、フィルム間距離からそれぞれ補正し実大値を求めた.

対 象

18~72 歳までの男女 26 例、これを 4 群に分けた. すなわち、健常者 9 例、陳旧性心筋梗塞 7 例 (前壁中隔梗塞 4 例、広範囲前壁梗塞 2 例、心内膜下梗塞 1 例)、high output state 7 例 (甲状腺機能亢進症 4 例、大動脈弁閉鎖不全優位型大動脈弁疾患 3 例)、および UCG にて多量から中等度の液貯留がみられた心嚢液貯留 4 例である.

結 果

左室中央部における Mky と Rky の心辺縁運動距離を比較する (Fig. 5) と、相関係数は 0.98 と

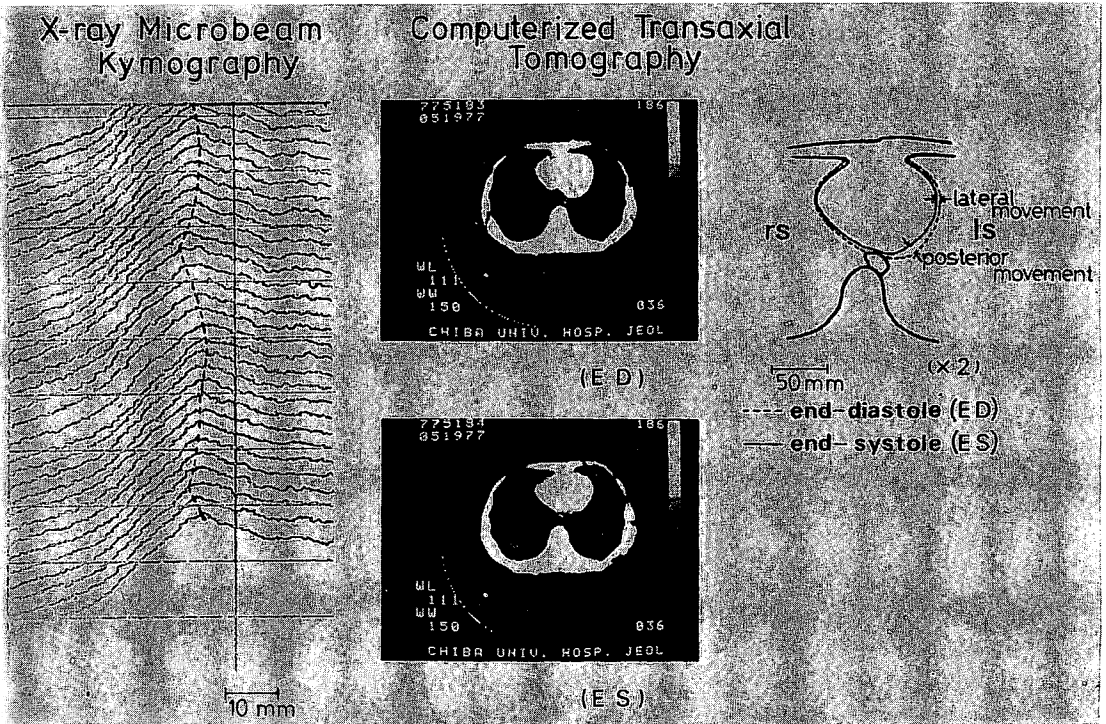


Fig. 4. Examples of Mky and CT in anteroseptal myocardial infarction.

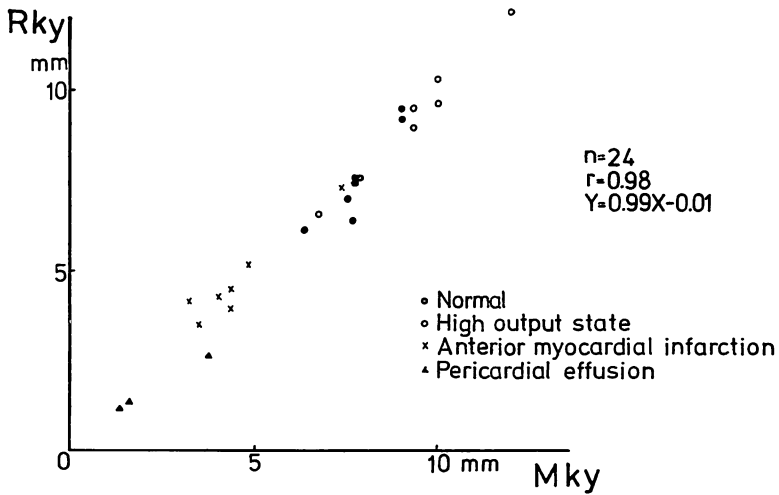


Fig. 5. Correlation between Mky and Rky about the excursion of left lateral border.

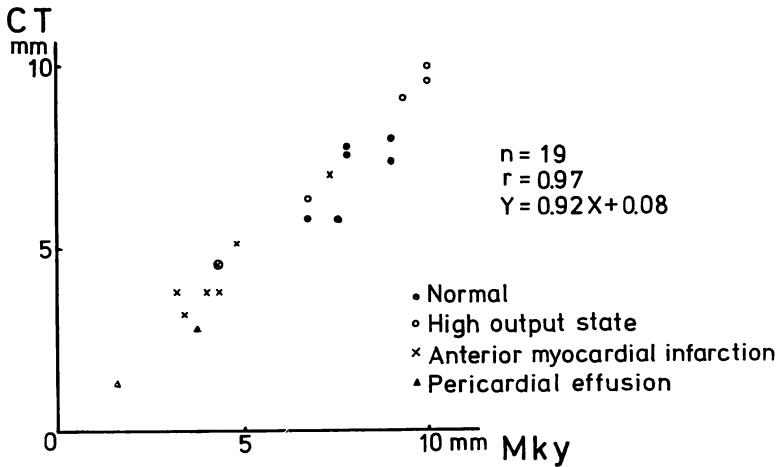


Fig. 6. Correlation between Mky and CT about the excursion of left lateral border.
 ⊗: a case of left ventricular aneurysm after myocardial infarction.

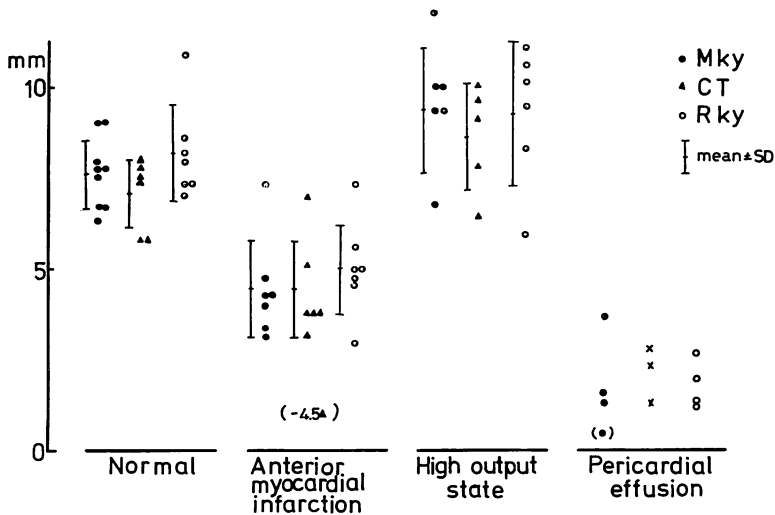


Fig. 7. Comparison of excursion about left lateral border movement between Mky, CT and Rky in each group.

●: an impossible case to measure Mky due to poor motion.

良く、回帰直線は $Y=0.99X-0.01$ で、Mky と Rky はほぼ等しい値を示した。

つぎに、Mky と CT より測定した運動距離を比較した (Fig. 6)。両者間に $r=0.97$ の相関があり、Mky と CT による運動の観察も、ほぼ等し

い値を示した。なお、図中⊗印は左室造影にて心室瘤を証明し、CT は負の値、すなわち奇異運動を示したものであるが、現在、Mky では心電図同期ができないので正負が不明のため、絶対値として処理したものである。

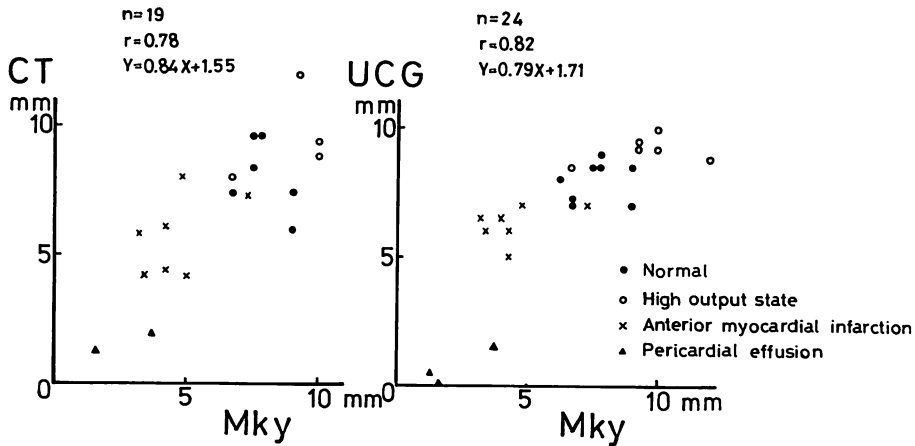


Fig. 8. Comparison of movement of left lateral border by Mky with that of left posterior border by CT and UCG.

各疾患群別に左室側壁の最大運動距離を, Mky, CT, および Rky で比較した (Fig. 7). Mky の場合, 運動距離は健常群 7.6 ± 1.0 mm で, 前壁心筋梗塞では 4.6 ± 1.3 mm と少なかった. 塞梗例中, 最も大きな値を示した症例は心内膜下梗塞例であり, また, -4.5 ▲印は前述の心室瘤の症例である. High output state では, 9.6 ± 1.7 mm と健常群よりも動きが大きく, 心嚢液貯留例は 2.2 mm で最少であった. なお, 心嚢液貯留例で, (●)印で示した症例の Mky は辺縁が不明で, 測定不可能(運動不良)の例である. これらの動きの傾向は, CT, および Rky でも同様であった.

つぎに, Mky による左室側壁の運動距離と, CT, および UCG による左室後壁のそれを比較した (Fig. 8). 観察場所が異なるにもかかわらず, 前者では $r=0.78$, 後者では $r=0.82$ とともに良い相関がみられた. ただし, 前壁心筋梗塞群では, Mky による側方の動きに比べて, CT, および UCG による後壁の動きは, より大であった. これは, 梗塞部位が前ないし側壁にあるためと考えられた. また, 心嚢液貯留例のうち, Mky 3.7 mm, CT 2.7 mm, UCG 1.5 mm の例のように, 側壁と後壁の動きに大きな違いがみられた例もあるが,

これは側壁と後壁の液貯留の差に基づくものかもしれない. 他の 2 群については, 側壁と後壁の運動距離はほぼ等しかった.

Fig. 9 は, 各疾患群別の平均収縮速度の比較である. すなわち, Fig. 9 上は Mky による左室側壁の平均収縮速度を, Fig. 9 下は UCG による左室後壁の心外膜のそれを示すものである. いずれの場合も収縮速度は健常群に比較し, high output state 群で大きく, 心筋梗塞, 心嚢液貯留群で小さかった. また, 全般に UCG で測定した後壁の方が速度が大であり, とくに前壁心筋梗塞群で著明な差がみられた ($p < 0.005$).

考 案

心血管系辺縁運動の観察は, 従来, 胸部 X 線平面キモグラム⁴⁾, エレクトロキモグラム⁵⁻⁷⁾, あるいは video tracking⁸⁾ (Radarkymogram)⁹⁾ によってなされてきたが, しかし, これらは X 線被曝線量が多く, 理想的な検査法とはいえない. 今回, 我々が使用した JEOL Dynamic Scanner による Mky は, 1 回の照射が時間にして数秒と短く, また被曝線量はきわめて少ないので, 繰り返し検査ができること, 任意の観察部位を指定できること,

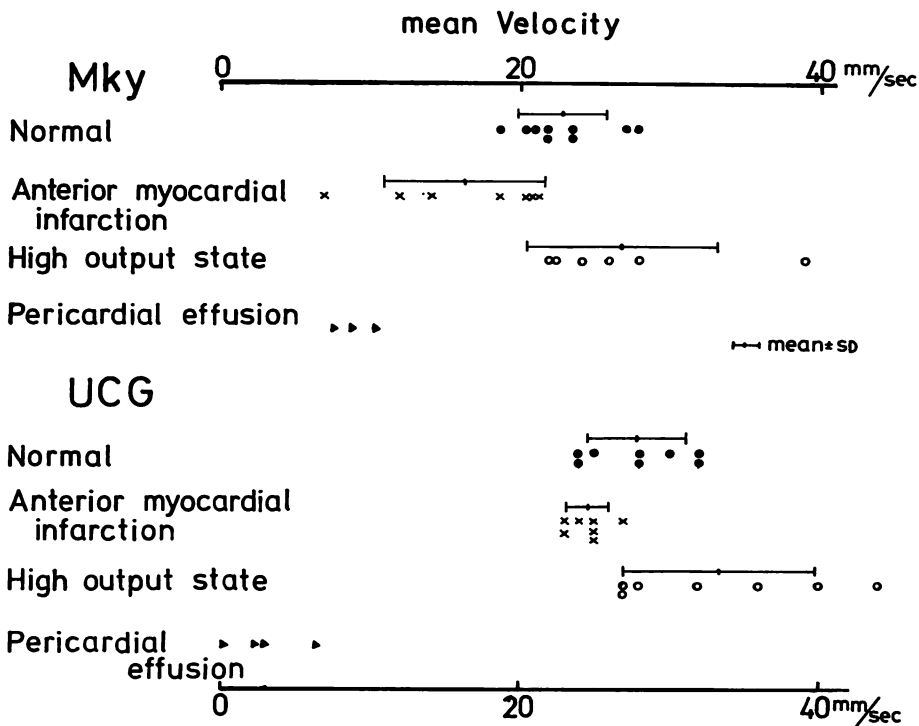


Fig. 9. Comparison of mean velocity in each group (Mean velocity of left lateral border by Mky and that of posterior border by UCG).

同時にX線透過度の測定も可能であること、さらに超音波検査法では測定しにくい心臓側壁の運動を捉えることができる等の利点をもつ。

心辺縁部の運動距離に関して、諸家の報告によると、レントゲンキモグラム¹⁾では正常人での平均は約5~7mm, heart motion video tracking⁸⁾では2.9~8.6mm (平均6.1mm), 収縮速度は18~58mm/sec (平均30mm/sec)である。Mkyによる辺縁運動は、最大運動距離が 7.6 ± 0.95 mm, 平均収縮速度 22.8 ± 3 mm/secで、胸部X線平面キモグラム、およびCT scanと比較してもその辺縁運動の値とよく一致しており、十分に、信頼のおけるものである。

心筋梗塞後の心室瘤の発生頻度は剖検時3.5%¹⁰⁾, 12.4%¹¹⁾に発見されるといわれる。心室瘤を合併した症例の予後は一般に不良であるが、

最近では心室瘤切除術が試みられ、その成績は良好であるので¹²⁾, 生前の診断が大切である。心室瘤を臨床的に診断することはしばしば困難であり、従来、胸部レ線像、心電図、透視あるいは種々のキモグラムによる奇異性運動によって診断されていたが、近年、左室造影法が行われるようになって、生前に24%¹³⁾, 35%¹⁴⁾のように高率に診断されるようになった。しかし、このような疾患では、非観血的、かつ信頼性のある方法で経時的に繰り返し検査できる方法が望まれる。本法は患者が安静臥位にて数秒間呼吸を停止するのみで、Gorlinら¹³⁾のみたdyskinesisやakinesisなどの壁の動きの障害を、非侵襲的、かつ経時的に容易に観察することができる。また、本法はCTとの組み合わせ、あるいは、心電図など他の情報との同時記録が可能となれば、さらに正確な診断が

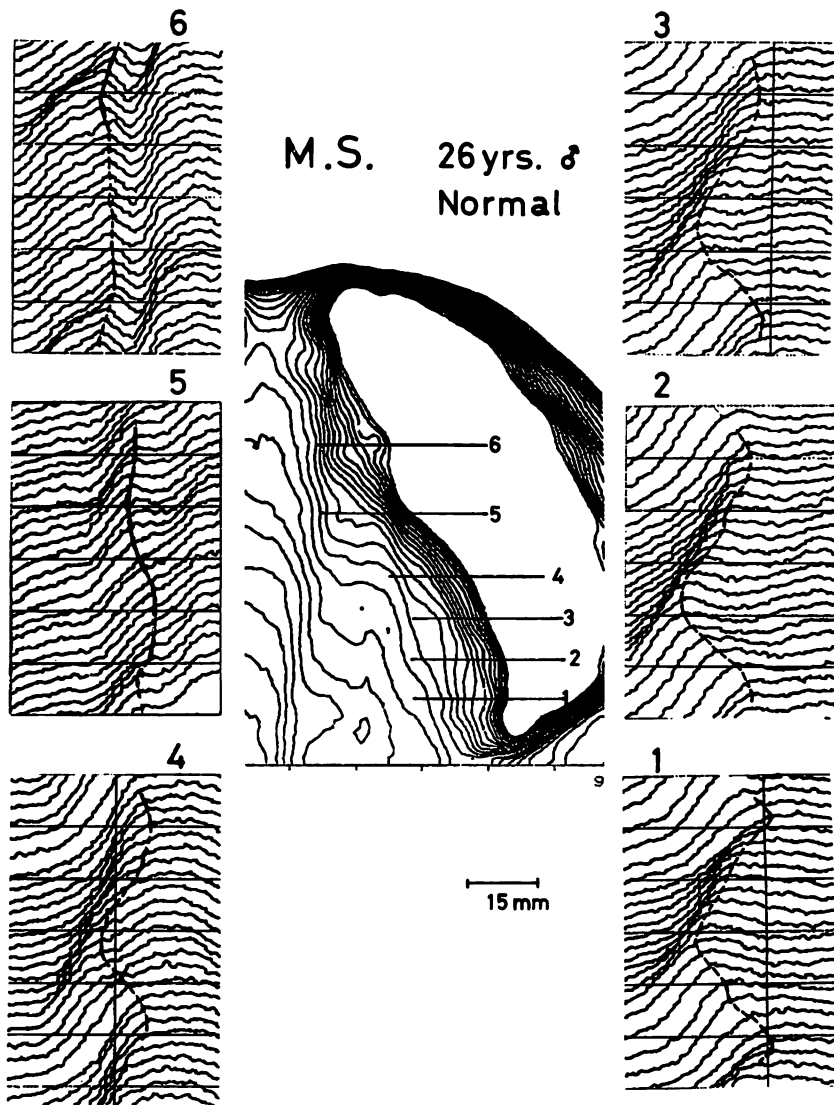


Fig. 10. Waves of Mky about each position on left cardiac border.

可能になると思われ, 今後の発展が期待される. 他の領域の心辺縁運動については, 今回ほとんど触れなかったが, 現在, 大動脈弓, 左房, および右心系の波形分析も行っているので (Fig. 10), さらに例数を重ね, 検討したい.

文 献

- 1) 増田善昭, 渡辺 滋, 湯村保夫, 諸岡信裕, 村木登, 山崎 茂, 稲垣義明, 大野 博, 内山 暁, 有水昇, 渡辺英二: 低線量X線撮像システムによる心の高速CT像について. J Cardiology, 投稿中
- 2) 増田善明, 渡辺 滋, 稲垣義明, 内山 暁, 有水昇, 館野之男, 渡辺英二: JEOL Dynamic Scannerによる心, 血管CT像について. 呼吸と循環 26:

- 439, 1978
- 3) Heckmann K: *Electrokymographie*. Springer-Verlag. 1959
 - 4) 平松 博, 小林敏雄: 心臓レントゲンキモグラム. 日本医書出版, 東京・京都, 1951
 - 5) 岩崎正英: エレクトロキモグラフと物理的心, 脈管力学的分析. 千葉医会誌 38: 204, 1962
 - 6) Luisada AA, Fleischner FG: *Fluorocardiography*. *Amer J Med* 6: 756, 1949
 - 7) Schwedel JB, Samet P, Mednick H: *Electrokymographic studies of abnormal left ventricular pulsations*. *Amer Heart J* 40: 410, 1950
 - 8) Mond H, Fenelon T, McDonald R, Sloman G: *Heart motion video tracking*. *Brit Heart J* 35: 488, 1973
 - 9) Kazamias TM, Gander MP, Ross J Jr, Eugene B: *Detection of left ventricular wall motion disorders in coronary artery disease by radarkymography*. *New Engl J Med* 285: 63, 1971
 - 10) Dubnow MH, Burchell HB, Titus JL: *Postinfarction ventricular aneurysm (a clinicomorphologic and electrocardiographic study of 80 cases)*. *Amer Heart J* 70: 753, 1965
 - 11) Abrams DL, Edelist A, Luria MH, Miller AJ: *Ventricular aneurysm. A reappraisal based on a study of sixty-five consecutive autopsied cases*. *Circulation* 27: 164, 1963
 - 12) 遠藤真弘, 林 久恵: 心室切除術の適応. *Medicina* 14: 90. 1977
 - 13) Gorlin R, Klein MD, Sullivan JM: *Prospective correlative study of ventricular aneurysm. Mechanistic concept and clinical recognition*. *Amer J Med* 42: 512, 1967
 - 14) Cheng TO: *Incidence of ventricular aneurysm in coronary artery disease (an angiographic appraisal)*. *Amer J Med* 50: 340, 1971