



| | |
|--------------|---|
| Title | 心筋梗塞におけるCTの役割：心エコー法およびタリウム心筋シンチグラフィとの対比 |
| Author(s) | 大山, 行雄 |
| Citation | 日本医学放射線学会雑誌. 1988, 48(9), p. 1086-1096 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/16215 |
| rights | |
| Note | |

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

心筋梗塞における CT の役割： 心エコー法およびタリウム心筋シンチグラフィとの対比

聖マリアンナ医科大学放射線医学教室（主任：藤井正道教授）

大 山 行 雄

（昭和63年3月1日受付特別掲載）

（昭和63年5月25日最終原稿受付）

The Role of CT in Myocardial Infarction: Comparison with Echocardiography and Thallium Myocardial Scintigraphy

Yukio Oyama

Department of Radiology, St. Marianna University School of Medicine

(Director: Prof. Masamichi Fujii)

Research Code No. : 507.1

*Key Words : Myocardial infarction, CT, Echocardiography,
Thallium myocardial scintigraphy*

CT of 99 consecutive patients with myocardial infarction was retrospectively compared with echocardiography (82 patients) and thallium myocardial scintigraphy (78 patients) in detectability of myocardial infarction and reliability in evaluation of location and extent of the disease. Myocardial infarction was detected by CT in 96 of 99 patients (97%), by echocardiography in 60 of 82 patients (73%) and by thallium scintigraphy in 63 of 78 patients (81%). In χ^2 test, CT was significantly superior in detection of myocardial infarction ($p<0.01$) as well as in reliability in evaluation of location and extent of the disease ($p<0.01$) to both echocardiography and thallium scintigraphy. The reasons and clinical significance of the results were discussed.

我が国では、心臓病は近年脳卒中に代わって、悪性腫瘍に次いで死因の第2位を占めるようになった。成人においては虚血性心疾患、特に心筋梗塞が主なものであり、その治療法の改良とともに診断法の向上が望まれている。

心筋梗塞は臨床症状や、心電図などの臨床検査所見から、その診断は容易であることが多い。しかし非貫壁性梗塞のように心電図上、異常Q波が出現しない場合あるいは左脚ブロックや心筋症の存在する場合など、心電図所見のみでは診断が困難なこともある。又、心筋梗塞の範囲は治療や予後の評価において重要であり、それは臨床症状や臨床所見のみから判定することは困難である。

以上の問題点を解決するために画像診断の果たす役割は極めて大きく、心エコー法、心筋シンチグラフィおよび心血管撮影などが行われている。特に前二者は患者に対し非侵襲的であるという点で臨上有用である。CTも非侵襲的であり、心疾患の診断に用いられる頻度も多くなりつつある。心筋梗塞におけるCT診断の信頼性は動物実験で確認され^{1)~8)}、臨床例でもCTの有用性が示唆されている^{9)~14)}。

しかし、CTを心エコー法や心筋シンチグラフィと比較し、その臨床的位置づけについて検討した報告は極めて少ない⁹⁾¹⁰⁾。本稿では臨床例における心筋梗塞の診断と梗塞範囲の評価について

CT と心エコー法および心筋シンチグラフィとを比較し、CT の有用性について検討したので報告する。

対象および方法

昭和56年4月より昭和62年10月まで聖マリアンナ医科大学付属病院にて CT を行った心筋梗塞患者で、心エコー法あるいはタリウム心筋シンチグラフィのいずれかを行っていた99症例について検討した。男性は75例で年齢は33～83（平均57）歳であり、女性は24例で年齢は39～87（平均62）歳であった。心筋梗塞の診断は全例臨床的になされた。すなわち、臨床症状および心電図所見あるいは血清心筋逸脱酸素値によりなされた。85例において心電図上異常Q波を認めた。41例は前壁梗塞、9例は側壁梗塞、24例は下壁梗塞、11例は前壁下壁梗塞と診断された。14例においては心電図上異常Q波を認めなかつたが、血清心筋逸脱酸素値の上昇を認めた。61例においては心血管撮影において冠動脈狭窄や左室壁運動異常を認め、心筋梗塞の臨床診断が支持された。5例においては剖検がなされ、心筋梗塞が確認された。

心筋梗塞発症よりCT施行までの期間は11日から13年まであり、そのうち30日以下は21例、31日から60日までは34例、61日から1年までは22例、1年を越えるものは17例であり、残り5例においては不明であった。心エコー法は82例、心筋シンチグラフィは78例に行われており、心エコー法がCTの後に行われたのは12例、心筋シンチグラフィがCTの後に行われたのは11例であった。CTを行った時期との差は心エコー法では60日以下、心筋シンチグラフィでは51日以下であり（Table 1）、その期間内に新たに梗塞が発症したと思われる臨床所見は全例に認められなかった。

CTはVarian社のCTスキャナー（V-360）を用いた。撮影体位は、仰臥位の体位から患者の頭側が左方かつ上方になるように体を傾けることにより、心臓の長軸がスキャン面にできるだけ垂直になるようにした。60～80mlの造影剤（76%-meglumine diatrizoate）を100秒間に緩速静注し、ひきつづき80～100mlの造影剤を約10分間にて点滴静注した。全例において造影剤による副作用は認められなかった。スキャンは造影剤の緩速静注終了直後より開始し、スライス幅1cmで、左室を4～8カ所の異なる高さでそれぞれ4回転連続スキャン（スキャン時間は14.4秒、最大皮膚線量は0.04Gy）を行なった。最初のスキャンは動画像作成に用いた。3～5分後に二番目のスキャンが行われ、それ以降のスキャンについて、大山らの心電図同期法¹⁰⁾を用いて拡張終期の静止画像を再構成した。2例はスキャン中、呼吸停止が不可能であり、1例は心室性期外収縮が多発したため充分な画像が得られなかつた。

Table 1 Time differences between CT and Echocardiography (Echo) and between CT and Thallium myocardial scintigraphy (TI) in the cases of myocardial infarction (MI)

| Age of MI at the time of CT | Time difference between CT and Echo | Time difference between CT and TI |
|-----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| ~30days | 0～16(6.1)days | 0～15(6.5)days |
| 31～60days | 0～35(11.1) | 1～35(10.9) |
| 61days～1year | 0～53(15.4) | 1～50(15.2) |
| more than 1year | 0～60(13.1) | 3～51(15.1) |
| unknown | 0～44(13.2) | 8～36(24.7) |

() : mean value

心エコー法はATL社製（MK-500, 3.5MHz）ならびに東芝製（SSL-53M, 2.4MHz）のいずれかの心臓用超音波装置を用い、左室長軸断面像、短軸断面像および四腔断面像を撮影しビデオ・テープに収録した。肺気腫などで左室像の描出が困難のため、診断不能となったものが7例あった。

心筋シンチグラフィではタリウム(Tl)-201で標識した塩化タリウム2～3mCiを安静時（36例）あるいは運動負荷時（42例）に静注し、約10分後にSiemens社製のガンマ・カメラ（Pho/Gamma VI A）および平行高分解能コリメータを用いて撮像した。撮像カウント数は300Kc（約3分）、エネルギー・セレクトを80±16KeVとした。撮像の方向は正面、左前斜位45°および60°、側面、右前斜位30°であり、運動負荷心筋シンチグラフィにおいては、さらに4時間後に同上5方向にて再分布像を撮った。

所見の判定はそれぞれの検査に習熟した複数の医師によりretrospectiveに行なわれた。但し、心筋

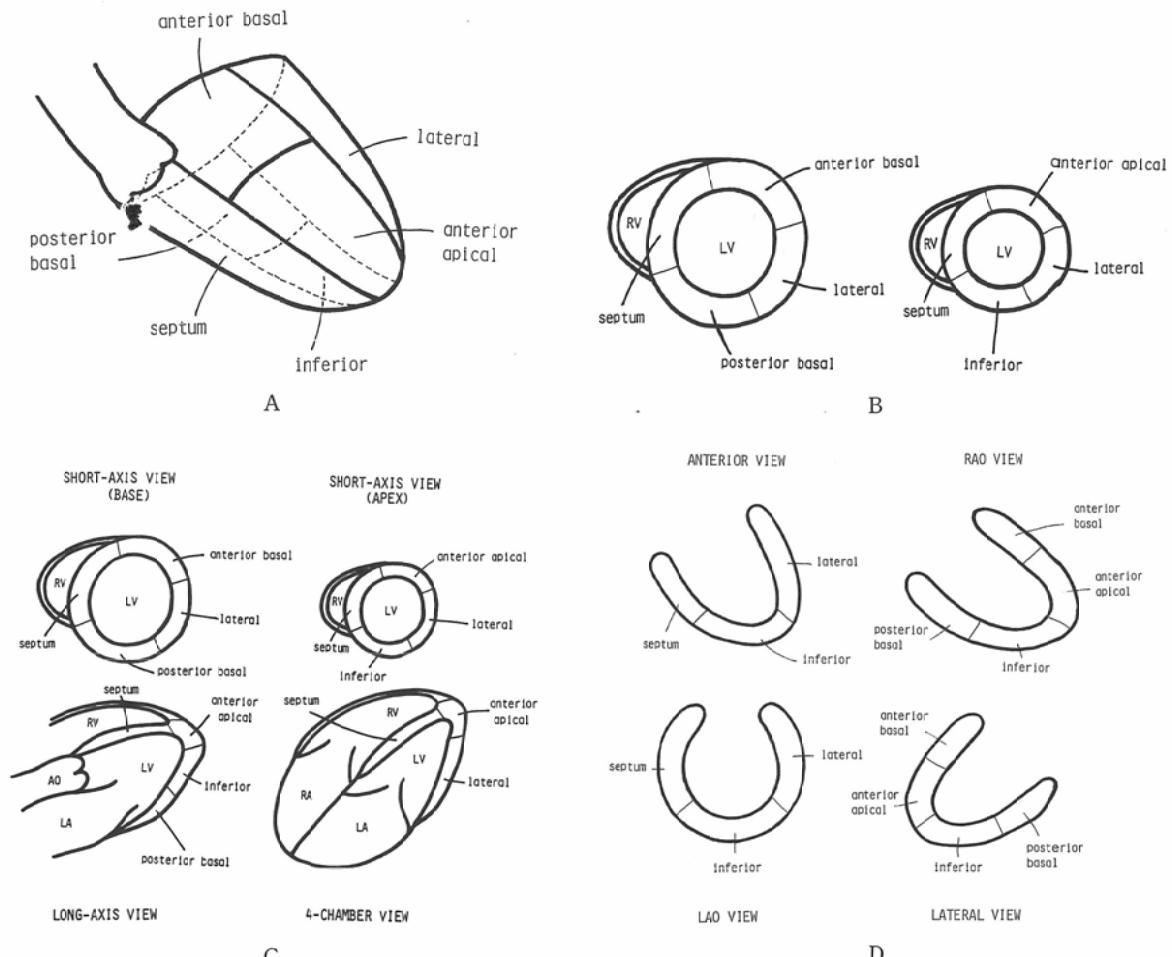


Fig. 1 Division of left ventricular wall for evaluation of extent of myocardial infarction. Left ventricular wall is grossly divided into six segments; anterior basal, anterior apical, lateral, posterior basal, inferior walls and septum. A. three-dimensional illustration of left ventricle. B. CT images; basal and apical slices of ventricles. C. Echocardiography; basal short-axis, apical short-axis, long-axis and four-chamber views. D. Thallium-201 myocardial scintigraphy; anterior, right anterior oblique, left anterior oblique and lateral views.

梗塞が診断されているということ以外、例えば梗塞部位などの情報は与えられずに行われた。心筋梗塞のCT所見は拡張終期静止画像における左室壁（心室中隔を含む）の局所的壁厚減少あるいは局所的な造影効果の増強あるいは欠如とし、心エコー図所見は左室壁の局所的壁厚減少あるいは局所的な壁運動異常（収縮期における左室壁の内方移動・壁厚増加の低下）とした。安静時心筋シンチグラムにおいては左室壁の局所的なTl-201集

積低下を、運動負荷心筋シンチグラムにおいては負荷直後像および再分布像とともに認められる左室壁の局所的Tl-201集積低下を心筋梗塞の所見とした。各検査法における心筋梗塞の検出率を求め、各検査間の検出能の差を χ^2 検定によって求めた。次に左室壁を前壁心基部、前壁心尖部、側壁、後壁、下壁および中隔の6部分に分け梗塞範囲の判定を行った（Fig. 1）。すなわち、各部分について梗塞の有無を判定した。部分内での梗塞巣の大

小は問わなかった。各検査法で判定された梗塞部位について比較し、明らかに梗塞部位が異なる例については心電図、心血管撮影あるいは剖検の所見と比較検討した。但し、心電図上異常 Q 波が見られないため梗塞部位を判定しにくかった非貫壁性梗塞の14例、CT 施行が梗塞発症後30日以内で CT と心エコー法との施行時期の差が 7 日以上であった5例、十分な CT 画像が得られなかつた3例および心エコー法にて左室の描出が困難であった7例は梗塞部位の比較には用いなかつた。

結 果

CTにおいては99例中96例(97%)に前記の心筋梗塞の所見を認めた。左室壁の局所的な造影効果の異常が96例の全てに認められ、特に造影効果の増強を93例(97%) (Fig. 2~4) に認めた。即ち、左室壁の正常部分の CT 値が46~62 Hounsfield units であったのに対し梗塞部分の CT 値は78~96 Hounsfield units であった。しかし、下壁の心尖側では partial volume effect により、造影効果の増強や壁厚減少に類似した所見を示すことがあり、特に患者の体を十分傾けられなかつた場合であった。それが疑われる場合は心筋梗塞の所見としなかつた。造影効果の局所的欠如は 9 例に認められ、このうち 6 例は造影効果の増強と混在していた。壁厚減少は31例において明らかに認められた。その31例の他に43例においては造影効果の増強した部分が左室内腔と接し、かつ同濃度であるので左室内腔との境界が不明瞭であり、多少の壁厚減少が併存している可能性を否定できなかつた。剖検例では5例とも梗塞部における造影効果の増強あるいは壁厚減少が認められ、梗塞範囲の一致が認められた (Fig. 3)。心エコー図では82例中60例(73%)に心筋梗塞の所見が認められ、その全てにおいて左室壁の局所的運動異常を認めた。CT で心筋梗塞の所見が認められ、心エコー図で心筋梗塞の所見が得られなかつたものは22例で (Fig. 2)，逆に CT で心筋梗塞の所見が得られず心エコー図で心筋梗塞の所見を認めたものが3例であり χ^2 検定においては CT の検出能は心エコー法に比べて有意に優れていることがわかつた ($p < 0.01$)。タリウム心筋シンチグラムでは78例

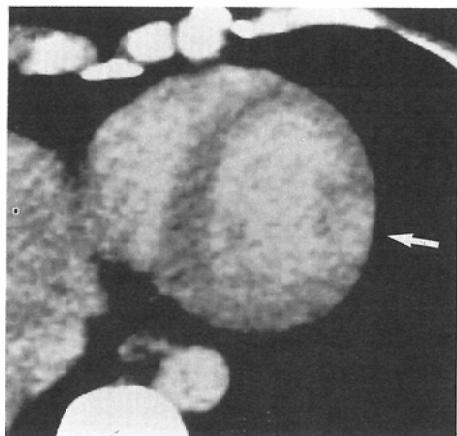


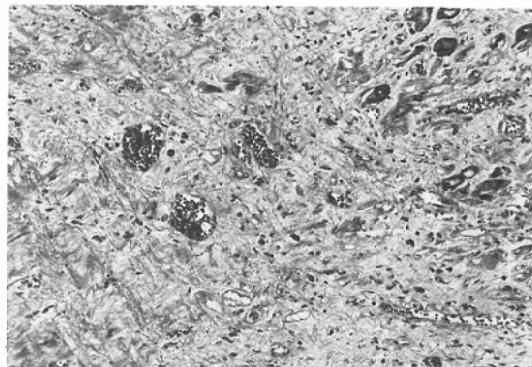
Fig. 2 Lateral myocardial infarction. 45 year-old man with chest pain. ECG showed Q wave in lead aVL. Serum levels of myocardial enzymes were elevated. Angiography showed severe stenosis of high lateral artery. CT taken on the 31th day showed a small area of increased contrast enhancement in the lateral wall of the left ventricle (arrow). Echocardiography taken on the 23th day could not demonstrate the lateral wall because of overlapping of lung tissue. Exercise myocardial scintigraphy taken on the 31th day showed no apparent abnormality.

中63例(81%)において診断可能であった。CT で心筋梗塞の所見が認められ、心筋シンチグラムで心筋梗塞の所見を認めなかつたものが15例で (Fig. 2・3)，逆に CT で所見が得られず心筋シンチグラムで所見を認めたものは1例であり、CT はタリウム心筋シンチグラフィに比べて検出能が有意に優れていることがわかつた ($p < 0.01$)。

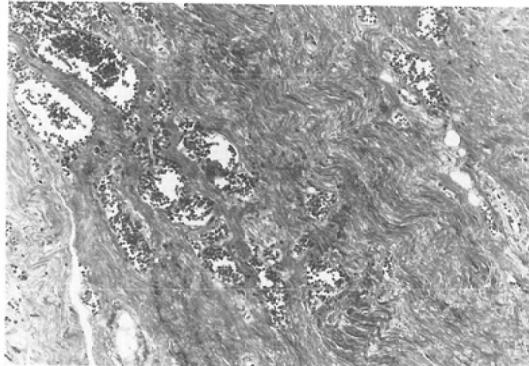
梗塞部位の判定においては CT 所見と心エコー図所見とは57例中28例(49%)において一致した。残り29例のうち、CT 所見の方が広い梗塞範囲を示したものは25例であり、心エコー図所見の方が広い梗塞範囲を示したものは4例であった。この29例の不一致例中23例(79%)において CT 所見の方が心エコー図所見より心電図所見、心血管撮影所見および剖検所見と一致していた (Fig. 3・4)。 χ^2 検定を用いれば、梗塞範囲の判定において CT はより正しい梗塞範囲を示す率が心エコー法より有意に高いことがわかつた ($p < 0.01$)。CT とタリウム心筋シンチグラムとの比較では67例中32



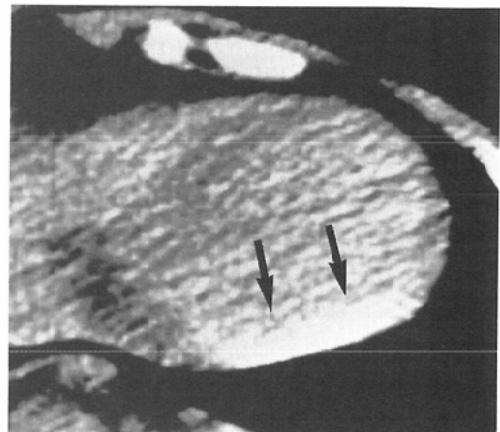
A



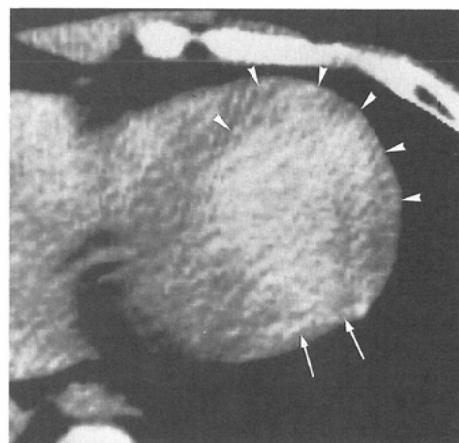
B



C



D



E

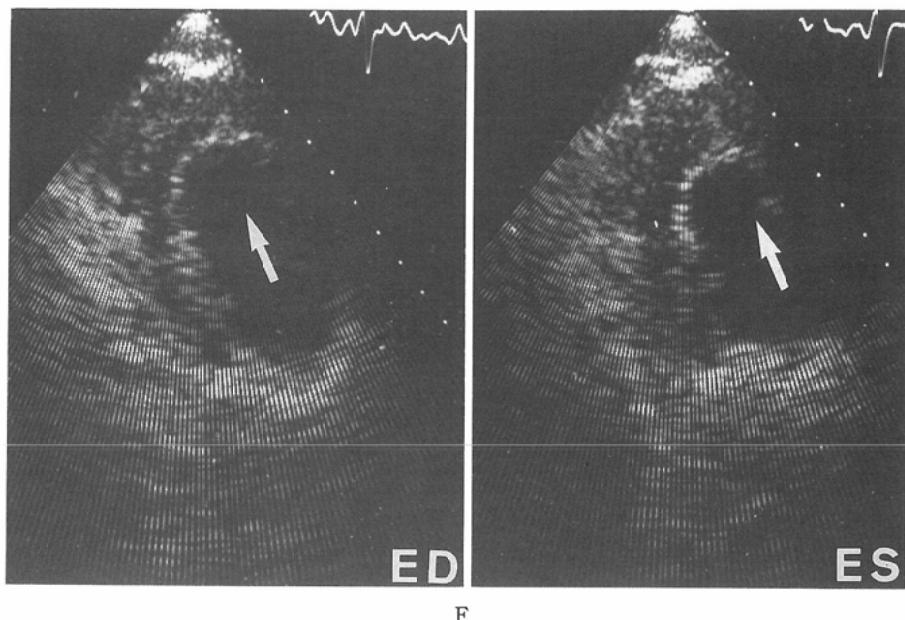


Fig. 3 Extensive myocardial infarction. 54 year-old man with several attacks of chest pain. Abnormal Q waves in leads V1-4 on ECG. Died on the same day of the last attack 5 years after the first attack. Cut section of autopsy specimen of the heart (A) showed extensive area of old infarction (white area : black arrow heads) of the myocardium of the left ventricular anterior wall and septum. Another lesion was noted in the posterior portion of the lateral wall and lateral portion of the inferior wall (white arrow heads). There was also fresh infarction (dark area : arrows) in the septum and left ventricular inferior wall. Microscopical findings of this area (B) showed replacement of myocardial cells by fine collagenous tissue with stromal edema and hemorrhage. Increased extracellular space like this may allow larger amount of contrast medium to accumulate, resulting in increased enhancement on CT. Microscopical findings of the specimen of old infarction (C) showed dense collagenous tissue with proliferation of capillaries in varying size, which may be also one of causes of increased contrast enhancement on CT. Delayed contrast CT nine days after the first attack (D) showed persistent contrast enhancement of the lateral and inferior wall of the left ventricle (arrows), which was more prominent than the left ventricular cavity suggesting disturbed removal of contrast medium in this area. CT taken before the last attack (E) showed left ventricular extensive lesion of thinning and increased contrast enhancement anteriorly (arrow heads) and smaller lesion of increased contrast enhancement inferolaterally (arrows) which were well correlated with the old infarction noted in the autopsy specimen (A). Echocardiography taken 8 days after the CT (F; enddiastolic and endsystolic images of short-axis view of the apical left ventricle) showed severe hypokinesis of the anterior wall of the left ventricle and septum (arrow). However, contraction of the lateral and inferior walls were unremarkable. Rest thallium myocardial scintigraphy taken 12 days after the CT showed no definite defect.

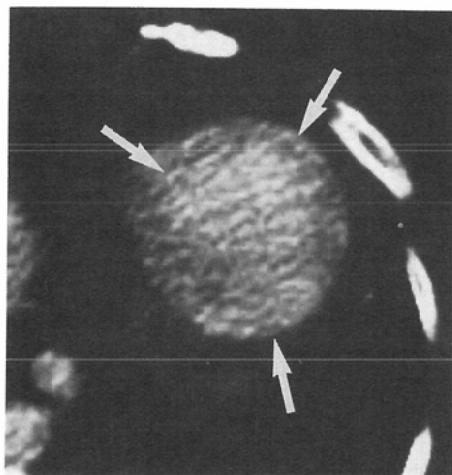
例(48%)において両者の所見に一致が見られた。残り35例中、CT所見の方が広い梗塞範囲を示したのは33例であり、タリウム心筋シンチグラムの所見の方が広い梗塞範囲を示したのは2例であった。この35例の不一致例中25例(71%)においてはCT所見の方が心電図所見、心血管撮影所見および剖検所見に一致していた(Fig. 4)。 χ^2 検定を用いればCTはより正しい梗塞範囲を示す率がタリウム心筋シンチグラフィより有意に高いことがわかった($p < 0.01$)。

以上の結果よりCTは心エコー法およびタリウム心筋シンチグラフィと比較して心筋梗塞の検出

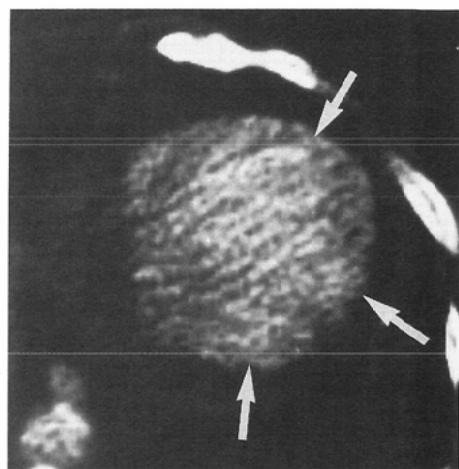
および梗塞部位範囲の判定において有意に優れていることがわかった。この結果をもとに、以下の原因と臨床的意義について考察したい。

考 察

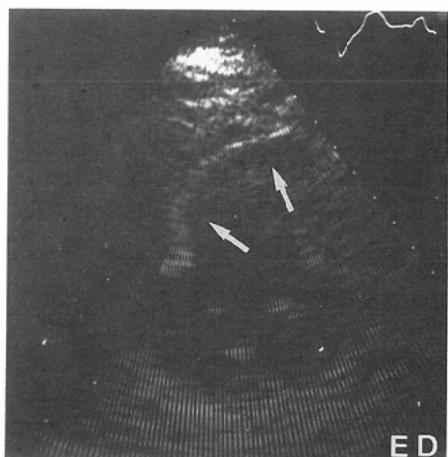
CTが心筋梗塞の検出において非常に優れていることの要因の一つは心筋梗塞の所見が殆どの場合に陽性像として示されることであると考えられる。本研究においては心筋梗塞を検出できた96例中93例(97%)において左室壁の局所的な造影効果の増強を認めた。静脈内に投与された造影剤が左室心筋の正常部分より梗塞巣においてより高濃度に集積しCT値の上昇をもたらしていることは



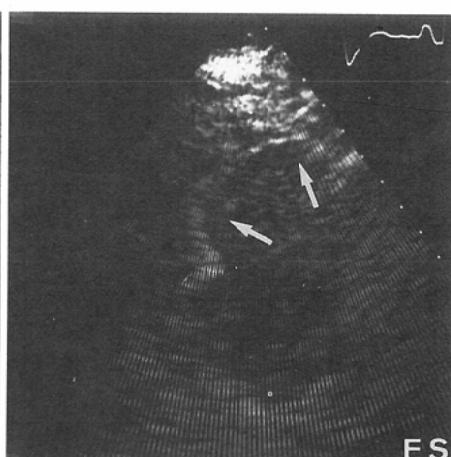
A



B



ED



ES

C

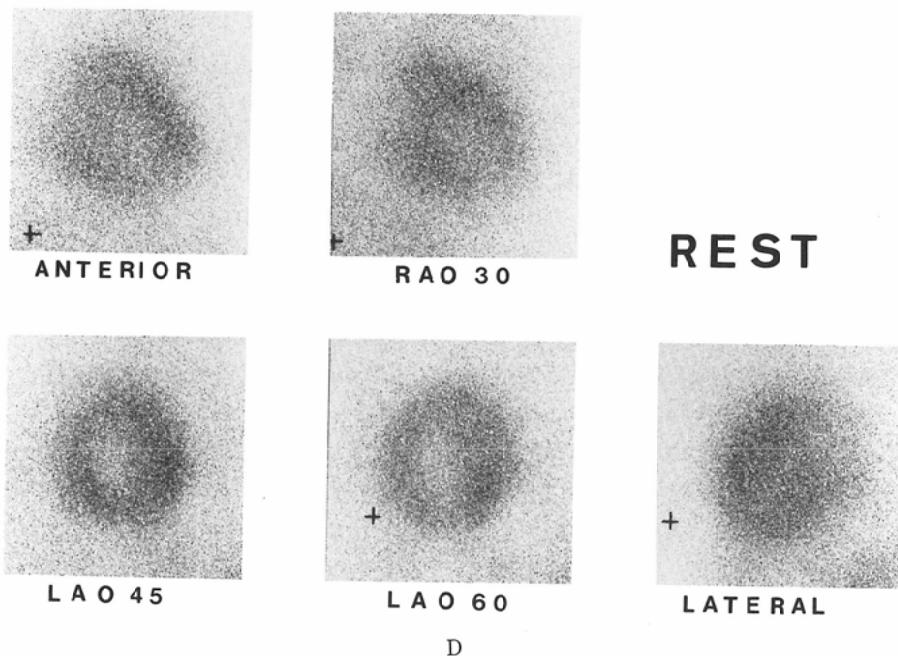


Fig. 4 Multiple myocardial infarctions. 68 year-old woman with two attacks of dyspnea. Abnormal Q waves in leads III and aVF in the first attack and in leads V1, 2 in the second attack on ECG. Decreased height of R waves in leads V3, 4 was noted in both attacks. CT taken 44 days after the second attack (A, B) showed multiple skip lesions of increased contrast enhancement in the left ventricular anterior, lateral, inferior and posterior walls and septum (arrows). Echocardiography taken 27 days after the second attack showed hypokinesis of left ventricular anterior wall and ventricular septum (C). Rest myocardial scintigraphy taken 26 days after the second attack (D) showed decreased accumulation of radioactivity in the left ventricular inferior wall. CT may explain the change of ECG and discrepancy among ECG, echocardiography and scintigraphy.

数々の実験的研究によって確認されている^{2)~7)}
¹⁵⁾¹⁶⁾。造影剤は通常は細胞外体液中に分布し、細胞内に入らない^{17)~19)}。それは細胞膜に働きによると考えられている。これに対し心筋梗塞においては細胞膜の異常により心筋細胞内に造影剤が侵入すると考えられている¹⁶⁾。

静脈還流異常などによる梗塞巣からの造影剤排出の障害 (Fig. 3D)⁶⁾¹⁵⁾、瘢痕巣における血管容積の増加 (Fig. 3C)⁶⁾²⁰⁾²¹⁾も梗塞巣における造影剤集積の増加の原因と考えられている。さらに著者は梗塞巣における心筋細胞の萎縮、消失による細胞間腔容積の増大 (Fig. 3B) も原因の一つと考えている。以上の諸原因により梗塞巣においては造影

効果が増強し陽性像として表わされるが、CTの持つ優れた濃度分解能はこの陽性像としての所見を描出するのに適しており、そのため検出能が非常に優れていると考えられた。梗塞巣の造影効果はその諸原因から予想されるように経時的に変化し、動画像作成に用いた最初のスキャンでは著明でないことが多かったが、3~5分後に行われた二番目のスキャンでは明らかになった。その後のスキャンでも軽度の変化は見られたが診断に大きな影響を与える程度ではないと考えられ、静止画像作成のためのスキャンは造影剤緩速静注後3~5分から開始するのが適当と考えられた。このCT所見の信頼性は数々の実験的研究において梗

塞範囲について組織所見と比較することにより証明されており^{2)~4)7)}、本研究においても 5 例の剖検例で確認された。

しかし、下壁の心尖側では partial volume effect により、造影効果の増強や壁厚減少に類似した所見を示すことがあり、注意しなければならない。その直ぐ心基部側のスキャンと合わせて判定することが望まれる。スライス幅を小さくする方法も考えられるが、今後検討してゆきたい。心筋症では左室壁の壁厚減少や造影効果の増強を認めることがあり²²⁾、壁厚減少はび漫性であるので心筋梗塞と鑑別できるが、造影効果の増強は斑点状で散在性の非貫壁性梗塞との鑑別が必要であり、今後検討してゆきたい。造影効果の欠如は不整脈源性右室異形成症でも認められるが、低吸収域が主に右室側に分布することと右室拡大を伴うことが鑑別点であると考えられる²²⁾²³⁾。

CT における心筋梗塞の主な所見が陽性像として示されるのに対し心エコー図における主な所見は左室壁の局所的運動異常であり、それは正常な心筋収縮の欠損によって起こり、陰性像としての所見と言える。心筋収縮の欠損は、特に梗塞巣が小さい時や非貫壁性である場合に、隣接する正常部分の心筋収縮によって代償され、心エコー図上壁運動異常として描出されなかつたり不明瞭になることがあると考えられる。タリウム心筋シンチグラムにおける左室壁の局所的 Tl-201 集積低下も陰性像としての所見であり、同様に隣接する正常部分の Tl-201 集積によって隠蔽されてしまうことがあると考えられる^{24)~28)}。空間分解能が比較的低いこともそれを増悪させる要因であり、特にガンマ・カメラから遠い後壁・側壁の病変は検出しにくいと言われている (Fig. 2)^{29)~32)}。しかし、single photon emission computed tomography を用いれば、その分解能は向上すると考えられ、今後検討してゆきたい。さらにこの陰性像としての所見は正常と思われる部分の Tl-201 集積に対する相対的な低下として判定されるので、病変がび漫性に分布している場合は診断が困難であったり、比較的軽度に低下している部分を正常と考えて梗塞範囲を過小評価してしまうこともあると考

えられる (Fig. 3, 4)。心エコー図では所見自体の問題点の他に、超音波の持つ物理的制限も検出能低下の要因となっている。すなわち肺気腫や胸壁の厚い場合は心臓の描出が困難であり、同様に左室側壁が肺に覆われて描出困難なことも稀ではない (Fig. 2)。CT はそのような影響を受けることがないので有利である¹⁰⁾。以上の要因により、CT が心エコー法やタリウム心筋シンチグラフィに比べて心筋梗塞の診断に優れている。

CT が心筋梗塞の検出やその範囲の判定に優れているということは、心エコー法やタリウム心筋シンチグラフィに対して全面的な臨床的優位性を意味するかと言えば、そうではないと考える。CTにおいては多量の造影剤を用いなければならず、本研究の症例においては合併症は認めなかったが、心不全や腎不全の患者に対しては注意を要すると考えられ、ヨード過敏反応の起こる危険性もある。これに対し心エコー法は造影剤を必要とせず、しかもエックス線被曝がなく、ベッド・サイドで行えるという点でもより安全に行える検査法である。しかもより安価である。タリウム心筋シンチグラフィも含ヨード造影剤を必要としない。運動負荷シンチグラフィの場合は運動負荷を行うので必ずしも非侵襲的ではないが、梗塞巣ばかりでなく可逆的な虚血の部分を検出することができ、治療方針、特に血行再建術の適応の決定に重要な情報を与えるという点で有用である^{28)33)~35)}。以上の理由により心エコー法やタリウム心筋シンチグラフィは優先される検査であると考えられる。CT が適応となるのは心エコー法で左室の描出が技術的に困難な場合、心エコー法やタリウム心筋シンチグラフィで梗塞巣を検出できない場合、あるいは梗塞部位・範囲の評価において心電図、心エコー図およびタリウム心筋シンチグラムの間で所見が一致しない場合であると考えられる。

結 語

99名の心筋梗塞患者に行われた CT (99例)、心エコー法 (82例)、タリウム心筋シンチグラフィ (78 例) を梗塞巣の検出とその部位・範囲の判定について retrospective に検討し、以下の結論が得ら

れた。

1. CT では99例中96例(97%), 心エコー法では82例中60例(73%), タリウム心筋シンチグラフィでは78例中63例(81%)において梗塞所見を検出できた。 χ^2 検定によればCTは心エコー法およびタリウム心筋シンチグラフィに比べて梗塞巣の検出能が有意に高く($p<0.01$), 梗塞部位, 範囲の判定においても有意に優れている($p<0.01$)ということがわかった。

2. CTで所見の見られた96例中93例(97%)に左室壁の局所的な造影効果の増強が見られ, この陽性像としての所見が心エコー法およびタリウム心筋シンチグラムにおける陰性像としての所見に比べて梗塞巣の検出に有利であり, CTによる心筋梗塞の検出および梗塞範囲の判定がより優れていた原因の一つと考えられた。

3. 心筋梗塞において, 心エコー法やタリウム心筋シンチグラフィでの診断が困難な場合, あるいは梗塞部位・範囲が一致しなかったり, 心電図所見と矛盾する場合にはCTがその適応となると考えられる。

稿を終えるにあたり, 御校閲をいただいた藤井正道主任教授並びに, 石川徹教授に深謝いたします。本研究に対する臨床的立場からの御示唆をいただいた第2内科学教室の平山毅彦先生と外園光一先生に謝意を表します。剖検例の病理所見について御教示をいただいた第2病理学教室の打越敏之主任教授および中島久弥先生に御礼を申し上げます。最後に各画像診断の施行, 資料の作成および原稿・図表の作成に協力していただいた聖マリアンナ医大放射線医学教室, 付属病院放射線部, 中央臨床検査部およびメディカル・フォトセンターの方々に厚く感謝いたします。

本稿の要旨はThe 16th International Congress of Radiology(U.S.A., 1985)およびThe 1st Annual Meeting and Postgraduate Course, Society of Thoracic Radiology (U.S.A., 1985)にて発表した。

文 献

- 1) Berninger WH, Redington RW, Doherty P, et al: Gated cardiac scanning: Canine studies. *J Comput Assist Tomog* 3: 155-163, 1979
- 2) Newell JD, Higgins CB, Abraham JL, et al: Computerized tomographic appearance of evolving myocardial infarctions. *Invest Radiol* 15: 207-214, 1980
- 3) Huber DJ, Lapray JF, Hessel SJ: In vivo evaluatin of experimental myocardial infarcts by ungated computed tomography. *AJR* 136: 469-473, 1981
- 4) Doherty PW, Lipton MJ, Berninger WH, et al: Detection and quantitation of myocardial infarction in vivo using transmission computed tomography. *Circulation* 63: 597-606, 1981
- 5) Higgins CB, Hagen PL, Newell JD, et al: Contrast enhancement of myocardial infarcton: Dependence on necrosis and residual blood flow and the relationship to distribution of scintigraphic imaging agents. *Circulation* 65: 739-746, 1982
- 6) Palmer RG, Masuda Y, Carlsson E: Washout curves from myocardial infarctions in dogs, studied by contrast-enhancement computed tomography. *Cardiovasc Intervent Radiol* 5: 221-226, 1982
- 7) Gerver KH, Higgins CB: Quantitation of size of myocardial infarctins by computed transmission tomography. Comparison with hot-spot and cold-spot radionuclide scans. *Invest Radiol* 18: 238-244, 1983
- 8) Checkley DR, Sekiya T, Isherwood I, et al: In vivo evaluation of myocardial infarction by computed tomography: An experiment with electrocardiographic gating. *Brit J Radiol* 59: 461-470, 1986
- 9) Lackner K, Thurn P: Computed tomography of the heart. ECG-gated and continuous scans. *Radiology* 140: 413-420, 1981
- 10) Oyama Y, Uji T, Hirayama T, et al: Gated cardiac imaging using a continuously rotating CT scanner; clinical evaluation of 91 patients. *AJR* 141: 865-876, 1984
- 11) Masuda Y, Yoshida H, Morooka N, et al: The usefulness of X-ray computed tomography for the diagnosis of myocardial infarction. *Circulation* 70: 217-225, 1984
- 12) Kramer PH, Goldstein JA, Herkens RJ, et al: Imaging of acute myocardial infarction in man with contrastenhanced computed transmission tomography. *Am Heart J* 108: 1514-1523, 1984
- 13) Goodwin JD, Moore AV, Ideker RE, et al: Prospective demonstration of myocardial infarcton by CT. *AJR* 143: 985-986, 1984
- 14) 内藤博昭, 山口敏雄, 植原敏勇, 他: Computed tomographyによる虚血性心疾患の左心室壁性状の評価, *J Cardiol* 12: 371-385, 1982
- 15) Higgins CB, Sovak M, Schmidt W, et al: Differential accumulation of radiopaque contrast material in acute myocardial infarction.

Am J Cardiol 43 : 47—51, 1979

- 16) Abraham JL, Higgins CB, Newell JD: Uptake of iodinated contrast material in ischemic myocardium as an indicator of cellular membrane integrity. Am J Pathol 101 : 319—327, 1980
- 17) Korman M, Dean PB: Extravascular contrast material :The major component of contrast enhancement. Radiology 121 : 376—382, 1976.
- 18) Dean PB, Kivisaari L, Korman M: The diagnostic potential of contrast enhancement pharmacokinetics. Invest Radiol 13 : 533—540, 1978
- 19) Newhouse JH, Murphy RX Jr: Tissue distribution of soluble contrast :Effect of dose variation and changes with time. AJR 136 : 463—467, 1981
- 20) Mallory GK, White PD, Mass B, et al: The speed of healing of myocardial infarction. Am Heart J 18 : 647—671, 1939
- 21) Lodge-Patch I a: The aging of cardiac infarctions, and its influence on cardiac rupture. Brit Heart J 13 : 37—42, 1951
- 22) 内藤博昭: 胸部の CT 心臓病変, 臨放, 31 : 1229—1246, 1986
- 23) 大山行雄, 加地辰美, 黒木一典, 他: 各種検査法 心疾患 CT 診断, 治療, 70 : 337—343, 1988
- 24) Mueller TM, Marcus ML, Ehrhardt JC, et al: Limitations of thallium-201 myocardial scintigraphy in delineating location and size of prior myocardial infarction. Circulation 54 : 640—646, 1976
- 25) Buja LM, Parkey RW, Stokely EM, et al: Pathophysiology of technetium-99m stannous pyrophosphate and thallium-201 scintigraphy of acute anterior myocardial infarcts in dogs. J Clin Invest 57 : 1508—1522, 1976
- 26) Niss GS, Logic JR, Russel RO, et al: Usefulness and limitation of thallium-201 myocardial scintigraphy in delineating location and size of prior myocardial infarction. Circulation 59 :
- 1010—1019, 1979
- 27) Wackers FJT: Thallium-201 myocardial scintigraphy in acute myocardial infarction and ischemia. Semin Nucl Med 10 : 127—145, 1980
- 28) Iskandrian AS, Wasserman LA, Anderson GS, et al: Merits of stress thallium-201 myocardial perfusion imaging in patients with inconclusive exercise electrocardiograms : Correlation with coronary arteriograms. Am J Cardiol 46 : 553—558, 1980
- 29) Massie BM, Botvinick EH, Brundage BH: Correlation of thallium-201 scintigrams with coronary anatomy : Factors affecting region by region sensitivity. Am J Cardiol 44 : 616—622, 1979
- 30) Lenaers A, Block P, Thiel E, et al: Segmental analysis of Tl-201 stress myocardial scintigraphy. J Nucl Med 18 : 509—516, 1977
- 31) Rigo P, Bailey IK, Griffith LSC, et al: Value and limitations of segmental analysis of stress thallium myocardial imaging for localization of coronary artery disease. Circulation 61 : 973—981, 1980
- 32) 永井輝夫, 村田和彦, 鳥塚克爾, 他: 放射性タリウム心筋梗塞イメージの容観的解析班研究報告(第二報), 心臓, 14 : 1115—1122, 1982
- 33) Rozanski A, Berman DS, Gray R, et al: Use of thallium-201 redistribution scintigraphy in the preoperative differentiation of reversible and nonreversible myocardial asynergy. Circulation 64 : 936—944, 1981
- 34) Ritchie JL, Narahara KA, Trobang GB, et al: Thallium-201 myocardial imaging before and after coronary revascularization : Assessment of regional myocardial flow and graft patency. Circulation 56 : 830—836, 1977
- 35) Berger BC, Watson DD, Burwell LR, et al: Redistribution of thallium at rest in patients with stable and unstable angina and effect of coronary artery bypass surgery. Circulation 60 : 1125, 1979