

CTによる心筋梗塞の診断：
造影による梗塞部の initial
filling defect と late en-
hancement を中心に

Diagnosis of myocardial
infarction by CT: The
study of an initial filling
defect and late enhance-
ment of the infarcted
myocardium after injec-
tion of contrast material

増田 善昭
宇田 毅彦
吉田 勝哉
山田 善重
諸岡 信裕
吉田 秀夫
渡辺 滋
稲垣 義明

Erik CARLSSON*

Yoshiaki MASUDA
Takehiko UDA
Katsuya YOSHIDA
Zenju YAMADA
Nobuhiro MOROOKA
Hideo YOSHIDA
Shigeru WATANABE
Yoshiaki INAGAKI
Erik CARLSSON*

Summary

Several animal experimental studies have shown that the enhanced CT gives the direct evidence of acute myocardial infarction characterized by an initial filling defect and late enhancement in the site of the damaged myocardium. Therefore, we studied experimentally and clinically the diagnostic value of these CT findings in detecting and quantitating recent and remote myocardial infarctions.

Sixteen mongrel dogs with anterior myocardial infarction were subjected to the present study. The cardiac infarction within one month after coronary arterial ligation was visualized as a filling defect by early CT scan after intravenous injection of contrast material. The delayed scan after the injection showed late enhancement of the infarcted area in both acute and chronic phases. Post mortem histologic studies confirmed that the area of filling defect coincided with the necrotic myocardium and late enhancement coincided with the totally infarcted myocardium including healed scar. The total

千葉大学医学部 第三内科
千葉市亥鼻 1-8-1 (〒280)
*カルフォルニア大学サンフランシスコ校
心血管研究所 放射線部

The Third Department of Internal Medicine, Chiba University, School of Medicine, Inohana 1-8-1, Chiba 280

*Department of Radiology, Cardiovascular Research Institute, University of California, School of Medicine, San Francisco, CA 94143, USA.

Presented at the 26th Meeting of the Cardiography Society held in Osaka, April 1-2, 1983
Received for publication June 6, 1983

infarct size measured from CT images was closely correlated with histo-pathological infarct volume ($r=0.96$).

In the clinical study, the enhanced CT was performed on 112 patients with myocardial infarction and 12 patients with angina pectoris. The filling defect and late enhancement of the infarcted myocardium in the antero-septal or apical wall were detected as clearly as in the animal experiment; the former was found in 85% of the patients with recent infarction, and the latter was detected in about a half of the patients with both recent and remote infarctions. However, these CT findings were not clearly recognized in the patients with infero-posterior infarction, subendocardial infarction or angina pectoris.

These results indicate the usefulness of CT in the noninvasive diagnosis and a follow-up study of myocardial infarction.

Key words

Myocardial infarction of myocardial infarction	Filling defect of myocardium Computed tomography	Late enhancement of myocardium	Size
---	---	--------------------------------	------

目 的

心筋梗塞の診断はこれまでで心電図, 血中酵素, 冠動脈撮影によって行われてきたが, これらの方法は梗塞を直接表現するものではない。これに対し, 病変の場所, 範囲, 病態を直接目で見る方法として, 種々の非観血的画像診断が重視されつつある。この中で X 線 CT は造影剤を使用することにより, 梗塞部を直接的に証明できるばかりでなく, 壁菲薄化による間接的証明, 心臓瘤や壁血栓などの合併症の診断にも役立ち, また, 最近行われるようになった心電図同期 CT を使えば, 局所的運動障害をも知ることができるので, 梗塞の診断法として注目をあびている^{1,2)}。本研究では, これらの CT 所見の中で, 梗塞を直接示す充盈欠損像 (filling defect) と late enhancement の2つの所見について, 動物実験および臨床面から検討を加えたので報告する。

なお, 今回の研究の主たる目的は, 動物実験については, 従来行われていなかった慢性期の梗塞 CT 所見を病理像との比較により解明することであり, 臨床面では, 動物実験の成績を踏まえて, 従来, 少数例でしか観察されていなかった梗塞患者の CT 所見¹⁻⁵⁾を多数例を対象として検討し, その臨床的有用性を明らかにすることである。

対象と方法

1. 動物実験

16頭の雑種成犬 (体重 18.0~30.8 kg) を使用し, 左冠動脈前下行枝中部または対角枝起始部を結紮することにより, 前壁を中心とする心筋梗塞を作成した。その後, 1~2週間ごとに CT 撮影を行い, 梗塞直後から最長 145 日後までの経過を観察した。また 12 頭は, 最終 CT 撮影後直ちに剖検し, 病理学的検索を行った。

使用 CT 装置は改良型 GE CT/T である。対象犬は nembutal 麻酔下で似臥位に固定し, 人工呼吸器により, 深吸気位で CT 撮影を行った。撮影法は次の順序に従った。①単純 CT: 左室全体にわたって 1 cm 間隔, 1 cm 幅の数スライスを撮影。② 75% Hyperque M (3-5 diacetamido 2, 4, 6, triiodobenzoic acid の 25% Na 塩と 50% meglumin 塩の混合物) 0.5 ml/kg を上肢静脈より bolus 注入し, 単純 CT 像より予想される梗塞中心部を切るスライス面について dynamic scan を行い, 36 秒間に 12 枚の連続画像を得た。③その後, 3.5 ml/kg の同造影剤を 7 ml/分 の速度で持続注入し, 注入終了直後より 5 分おきに 30 分後まで, 単純 CT と同じ場所のスライスを撮影した。なお剖検動物の病理標本の作成法については, 別に報告しているので^{6,7)}, ここでは省略する。

Table 1. Subjects in a clinical study

	Early scan	Late scan
Myocardial infarction	112	22
{ Antero-septal	78	{ 20
{ Infero-posterior	27	{ 2
{ Subendocardial	7	
Angina pectoris	12	
Total	124	22

2. 臨床例

対象は Table 1 に示すように、明かな自覚症状を有し、心電図、酵素所見より診断した急性期および陳旧性心筋梗塞 112 例、および労作性狭心痛を有し、運動負荷心電図と冠動脈撮影にて陽性所見を有する、梗塞のない狭心症 12 例、計 124 例である。また、2 個所以上に離れた梗塞のある例や再梗塞例は対象から除外した。

CT 装置は、GE, CT/T 8800 を使用し、全例に bolus 造影直後の early scan を行った。すなわち 76% Urografin (アミドトリゾ酸、水酸化ナトリウム、メグルミン 76%) 15~20 ml を急速静注し、静注開始後 5~7 秒後より、深吸気位で 9.8 秒 scan を行った。この scan を繰り返し、左室上部より下部までを、10~15 mm 間隔で、1 cm 幅の 4~7 スライスで造影 CT 像として得た。また 22 例については、early scan 終了 10 分後に、delayed scan を行った。

成 績

1. 動物実験

1) 急性期心筋梗塞の CT 像

造影剤を bolus 静注すると各心腔、血管腔が造影され、ついで、それより低い CT 値に心筋が造影される。一方、梗塞部では CT 値の上昇が遅れ、bolus 静注直後の像は健常心筋部に比べ、CT 値の低い充盈欠損像 (filling defect) として示される (Fig. 1)。この充盈欠損部は一般に心内膜側より大きく、心外膜側より小であっ

た。また、梗塞後の経過日数が経つにつれ、充盈欠損部の周囲には CT 値が正常より低値の部分と高値の部分とが混在するようになり、これはこの部における複雑な修復状態を示すものと考えられた。また、このような充盈欠損像は冠動脈結紮 1 時間後の CT 像にもみられ、経過に伴い急激に大きさを減じ、1~2 ヶ月後に消失した。

持続造影法による CT 像では、造影直後より時間が経つにつれ、梗塞周辺部から次第に CT 値が上昇し、造影終了 10~30 分後には、梗塞部の CT 値が健常心筋の CT 値より高くなる late enhancement を示した。また、この late enhancement は充盈欠損部より広い範囲にあった。

2) 慢性期心筋梗塞の CT 像

梗塞作成 1 ヶ月以後の慢性期例の CT 像では、bolus、持続造影法いずれによっても充盈欠損像はほとんど見られず、これに対し、late enhancement は全例で認められ、持続造影終了直後より 10 分後までの間にもっとも明瞭であった (Fig. 1)。

3) 梗塞部の CT 値の時間的経過

これらの充盈欠損像、late enhancement の現象を解明するため、左室腔、健常心筋、梗塞周辺部、梗塞中心部の 4 ヶ所について、造影後の CT 値の時間的変化をみた。

Fig. 2 にその 1 例を示す。梗塞 20 時間後では健常心筋部に比べ、梗塞中心部の CT 値は常に低値をとり、充盈欠損像を示した。梗塞後 8 日目には持続造影終了直後のみ、健常心筋に比べ、梗塞中心部の CT 値は低く、5 分以後は梗塞部の CT 値が健常心筋部のそれより高くなり、late enhancement を示した。梗塞 22 日後では、梗塞部の CT 値は bolus 造影直後では健常心筋部より低値を示したが、持続造影後の CT 像では、すべて梗塞部の CT 値が健常心筋部の CT 値を上廻った。梗塞後 77 日では、bolus 造影直後では梗塞部の CT 値は健常心筋部の CT 値と差がなく、持続造影後の CT 像では、すべて梗塞部の CT 値が健常心筋部のそれを上廻った。なお、梗塞の

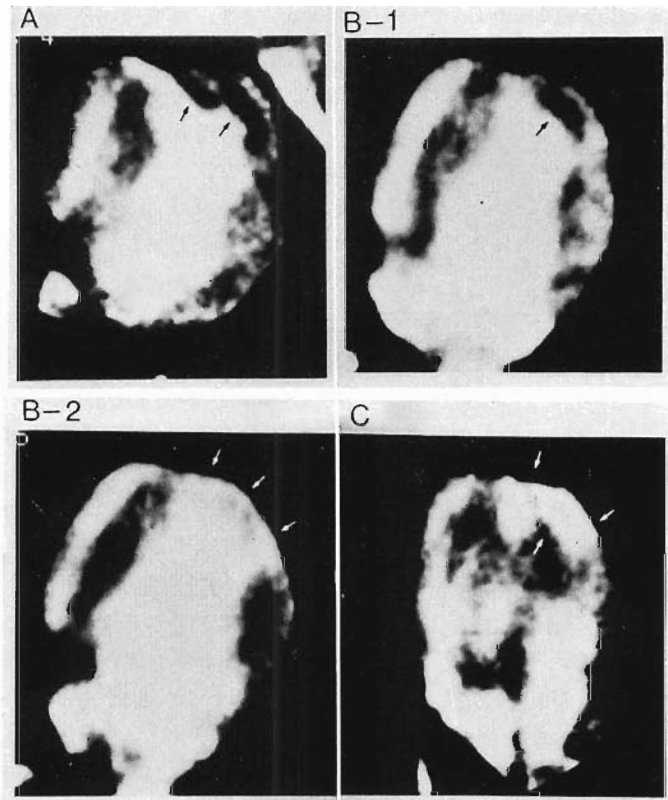


Fig. 1. Cardiac CT images of a dog with experimental myocardial infarction.

A: CT image obtained at the 6th day after coronary arterial ligation. A filling defect in the anterior wall of the left ventricle is demonstrated soon after the bolus injection of contrast material.

B: CT images at the 12th day after coronary arterial ligation. A small filling defect is seen in the early image after the bolus injection (B-1), and the late enhancement of infarcted myocardium appears in the delayed image after the slow infusion of contrast material (B-2).

C: CT image at the 44th day after the ligation. Enhancement of the infarcted myocardium is demonstrated only in the delayed scans after the injection of contrast material.

全経過を通して左室腔の CT 値の時間的経過はほぼ同一であり、梗塞周辺部の CT 値は、急性期では中心部の CT 値を上廻り、慢性期ではほぼ同一かそれを下廻った。

4) CT による梗塞容積変化の観察

心全体の充盈欠損部、または late enhancement 部の容積は、各スライスの充盈欠損部または late enhancement 部の面積を積算して得られるが、このようにして測定したそれぞれの容積の経時的変化を Fig. 3 に示した。梗塞後、日数が経過する

につれ、いずれの容積も指数関係的に急激に減少したが、充盈欠損部容積は梗塞後 30~60 日で消失した。また、late enhancement 部の容積は、3~5 ヶ月後には当初の容積の約 1/3 に縮小し、梗塞が瘢痕化して急激に小さくなる過程を示すものと思われた。

5) 病理所見と比較

梗塞作成 1 時間後から 145 日後までの種々な時期に動物を犠牲にし、病理標本と CT 像を比較した。充盈欠損像はほぼ壊死部に一致し、一方、

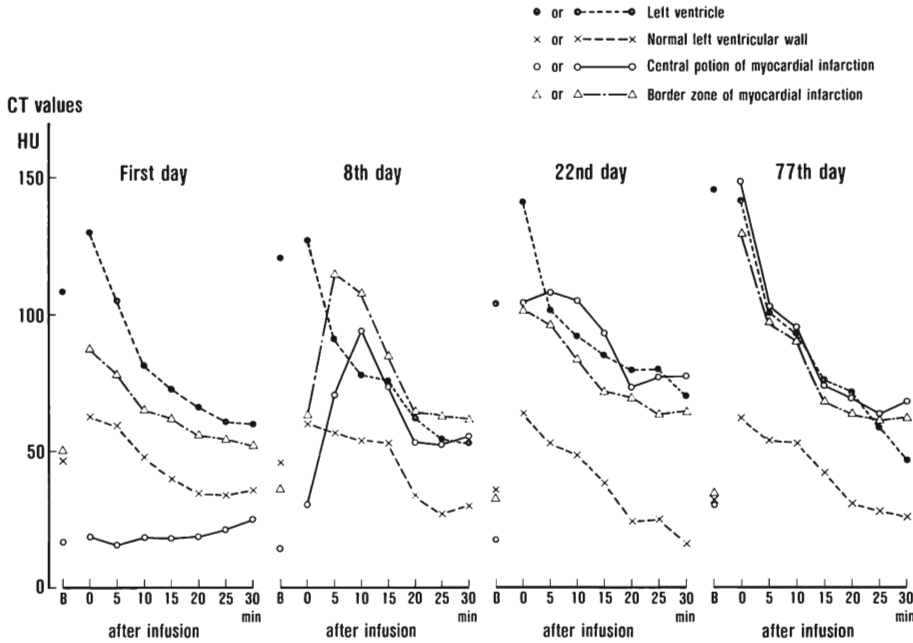


Fig. 2. CT values as a function of time after the bolus intravenous injection (B), and after the continuous slow infusion of contrast material at four different days in a dog with myocardial infarction.

late enhancement は壊死部に 癥痕部を加えたものに一致していた。

11 例について、late enhancement から測定した CT 上の梗塞量と病理標本上の梗塞量とを比較したが、相関係数は $r=0.96$ と、良い相関を示した。しかし、85 日以上を経過した慢性期例 8 例に限れば、その相関は $r=0.60$ と低下し、慢性期の梗塞量の測定が急性期より難しいことを示した (Fig. 4)。

2. 臨床例

臨床例でも、動物実験とほぼ同様の成績が得られた。Fig. 5 に発症 6 日目の前壁中隔梗塞例の CT 像を示す。造影直後の上図では前壁から中隔にかけ充盈欠損像が認められ、その 10 分後の下図ではその部の CT 値が増し、late enhancement として示された。

Fig. 6 は発症後 3 週目の前壁中隔梗塞例の CT 像である。造影直後の像(左図)では前壁に比較的

小さな充盈欠損像がみられ(矢印)、造影 10 分後の像(右図)では前壁から中隔にかけて CT 値の増大した late enhancement の部分がみられ(矢印)、この範囲は充盈欠損部よりはるかに大であった。また、本例では造影 10 分後の像で、late enhancement と左室の間に造影のされない薄い層が残っており、左室壁血栓の存在を思わせた。

Fig. 7 に発症 4 ヶ月後の広範囲前壁梗塞例の CT 像を示した。この例では bolus 造影直後の像(左図)から前壁の梗塞を判定することは困難である。しかし、その 10 分後の右図では梗塞部は late enhancement (LE) として明らかに示され、かつ、梗塞部の壁菲薄化、心室瘤を示す左室前壁の外方突出が認められ、さらに、梗塞部と左室腔の間には造影剤の全く入らない部分、すなわち血栓 (TH) が存在していた。

このような造影直後の CT 像に現われる充盈欠損像と、造影後しばらくして出現する late en-

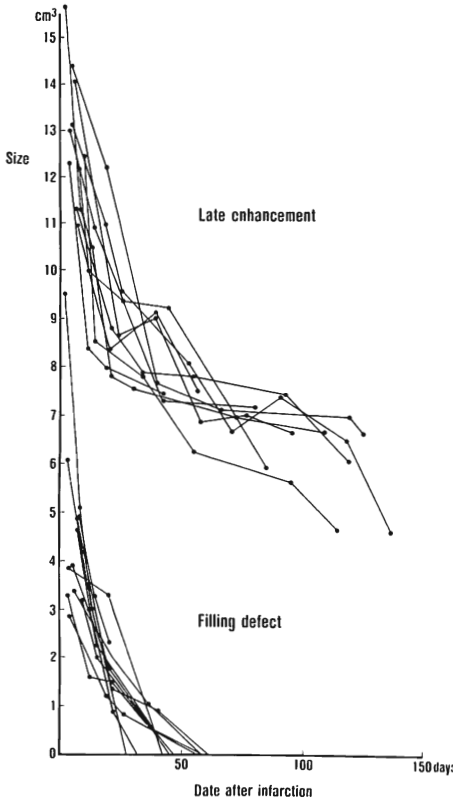


Fig. 3. Changes of volume of myocardial infarction measured by CT.

Changes of volume of a filling defect in early enhanced image and volume of the portion of late enhancement of myocardium during the healing process of myocardial infarction in experimental dogs.

hancement は, 前壁, 中隔, 心尖部を中心とした梗塞の多くの例で明らかであったが, 下壁, 後壁梗塞では明瞭に認められる例はなく, また, 心内膜下梗塞や狭心症でも検出することはできなかった。

前壁・中隔梗塞 78 例について充盈欠損像の出現と梗塞時期の関係を検討した。Table 2 のように, 発症後 1 ヶ月までの急性期では 85% の例で充盈欠損像が認められたが, 慢性期になるにつれ, その検出は困難となった。また, 充盈欠損像のみられたもっとも古い梗塞は発症 152 日後の

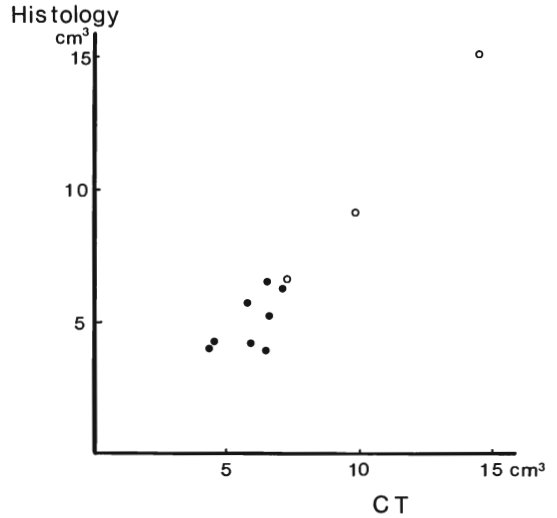


Fig. 4. Correlation between infarct volume determined by late enhancement of myocardium in the delayed CT scan and infarct volume at autopsy.

○: acute phase, ●: chronic phase.

The correlation coefficient is 0.96 in 11 dogs.

例であった。

同様に delayed scan を行った前壁・中隔梗塞 20 例について late enhancement の出現と梗塞時期の関係をみた。Delayed scan により左室壁の一部の CT 値が著しく上昇し, 画像として周辺の心筋壁と明瞭に区別できるものを (+), CT 値が明らかに増大する場所が認められるが, 健常心筋壁との境界が不明瞭なものを (±), CT 値が明らかに増大する場所のないものを (-) とすると, Table 3 に示すごとく, late enhancement はどの時期の梗塞でも出現するが, 明らかに周辺の健常部と区別できる例は 20 例中 9 例と, 約半数に過ぎなかった。なお, late enhancement 陽性例で, もっとも新しい梗塞は発症 6 日後, もっとも古い梗塞は発症 2 年 6 ヶ月後の例であった。

考 按

CT による心筋梗塞の診断についての研究は, 1976 年, Adams ら⁹⁾によって始められた。彼ら

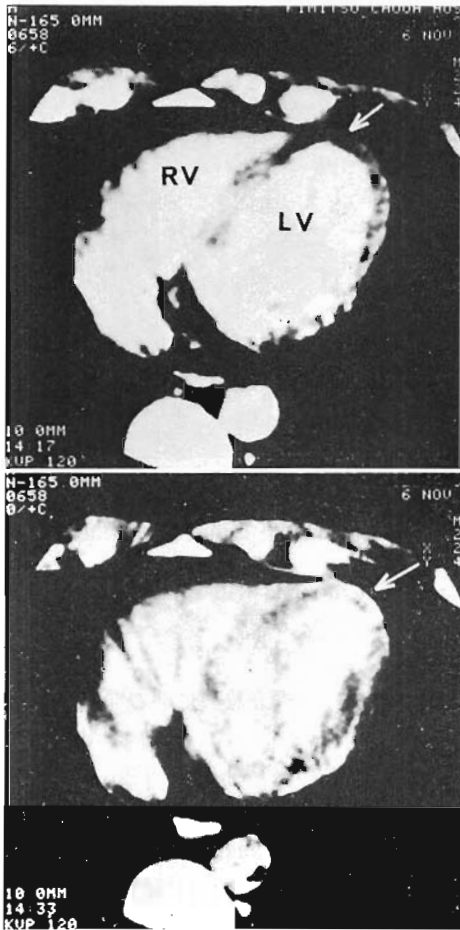


Fig. 5. Contrast enhanced cardiac CT images of a patient with 6-day-old antero-septal myocardial infarction (antero-septal infarction, 45 years male).

Top: After the bolus injection of contrast medium, a filling defect (low density area, CT value: 24.7 ± 7.3) appears in the infarcted region. Bottom: Ten minutes after the injection, a late enhancement (high density area, CT value: 58.1 ± 7.7) appears in the same region. (From Morooka et al: J Cardiology 12: 359-369, 1982, with permission.)

は梗塞作成犬の摘出心に CT を施行し、梗塞浮腫部に一致して CT 値の低下域がみられることを報告している。しかし、単純 CT 法による梗塞の検出は拍動心では困難なことが多く、その後、それに代わる方法として、造影 CT 法によ

Table 2. Occurrence of a filling defect in patients with antero-septal infarction at various chronological sequences

Duration from MI onset	+	(%)	-	Total
~ 1 W	8	(89%)	1	9
~ 1 M	11	(85%)	2	13
~ 3 M	6	(32%)	13	19
~ 6 M	3	(30%)	7	10
6 M ~	0	(0%)	27	27
Total	28	(36%)	50	78

Table 3. Occurrence of late enhancement of myocardium in patients with antero-septal infarction at various chronological sequences

Duration from MI onset	+	±	-	Total
~ 1 W	0	1	0	1
~ 1 M	3	3	2	8
~ 3 M	3	1	0	4
~ 6 M	1	0	2	3
6 M ~	2	2	0	4
Total	9	7	4	20

る心筋梗塞の診断が行われるようになった。Carlsson ら^{3,6,9)}, Higgins ら¹⁰⁻¹²⁾は心筋梗塞作成犬の急性期に造影 CT を行い、造影直後の充盈欠損像と、その後出現する late enhancement を示し、病理所見との比較により、これが梗塞を直接示す所見であると報告している。今回、我々が行った動物実験は、これまでの研究を追試すると同時に、従来報告のなかった3ヵ月以上の慢性期梗塞の CT 所見を検討する目的を持っている。急性期の梗塞例ではこれまでと同様の成績を得たが、2~5ヵ月以後の慢性期梗塞では充盈欠損像は認められず、late enhancement のみがみられた。

梗塞部にみられる充盈欠損および late en-

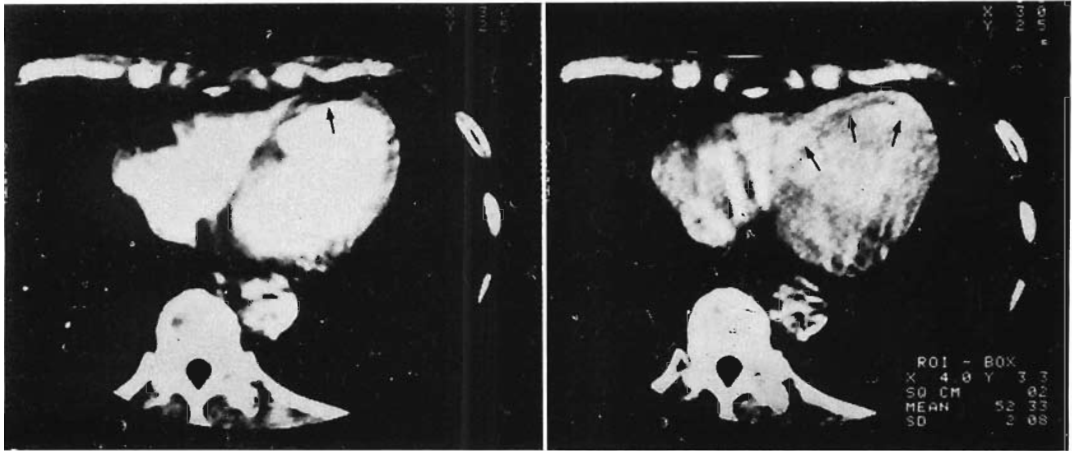


Fig. 6. Cardiac CT images of a patient with 3-week-old antero-septal myocardial infarction (66 years, male).

Left: A small filling defect is demonstrated in the anterior wall of the left ventricle immediately after the bolus injection of contrast material.

Right: Ten min after the injection, late enhancement of the antero-septal wall appears, and the enhanced area is larger than the filling defect.

hancement の発現機序を解明するためには、まず、造影剤の体内分布を知る必要がある。血管造影剤は静脈内注入後 1~2 分以内に大部分が血管外へ移行し、脳組織以外の細胞外液中に分布する。原則として正常の細胞内には入らないが、肝細胞は例外であり、これを通り、胆汁内へ排泄される。一方、血管内の造影剤は腎糸球体を通り、尿中へ排泄される。そして、腎、肝よりの排泄に伴い、その血中濃度、組織内濃度は指数関数的に急激に低下する¹²⁾。心筋壁も造影剤の壁内細血管や毛細管内貯留、細胞外液への移行のため、造影後数秒以後からは CT 値の増大をみる²⁾。ただし、心筋壁の造影剤濃度は心腔のそれに比べ著しく低値であるので、心腔と心筋壁の区別は容易である。梗塞部にみられる充盈欠損像の原因は、その部の血流の著しい低下と遅延によるものと思われる。病理所見の壊死部と一致していた。このさい、病的にまだ壊死像のない梗塞 1 時間後の CT 像でも充盈欠損像は認められるので、CT による充盈欠損像は壊死そのものに基因するのではなく、血流低下によることは明らかである。Late

enhancement はこの充盈欠損部の周辺から出現し、次第に中心部へ向った。Late enhancement の出現する領域は充盈欠損部より広く、病的には壊死部も修復部も含めた梗塞全体に一致していた。この late enhancement の成因は今日なお十分に説明されていないが、(i) 梗塞部の修復のための新生血管の増加、(ii) 傷害毛細管からの造影剤の漏出の増大、(iii) 細胞膜の透過性亢進による造影剤の細胞内貯留、(iv) 貪食細胞や線維芽細胞内への造影剤のとり込み、(v) リンパ流や静脈流による造影剤排出の低下などの因子が複雑に関与していると考えられる。梗塞部と健全心筋部の CT 値経過曲線はこれらの病態を解明するための手がかりとなるが、梗塞部の CT 値が健全心筋部のそれよりはるか高くなりうることは、造影剤の能動的な細胞内とり込みを示唆するものと思われる。また、CT 値経過曲線は梗塞後の時期によって特異的な形を示し、今後、梗塞の経過や治癒状態を判定する上で臨床的に役立つものと期待される。

CT 像より測定した梗塞量は病理上の梗塞量に

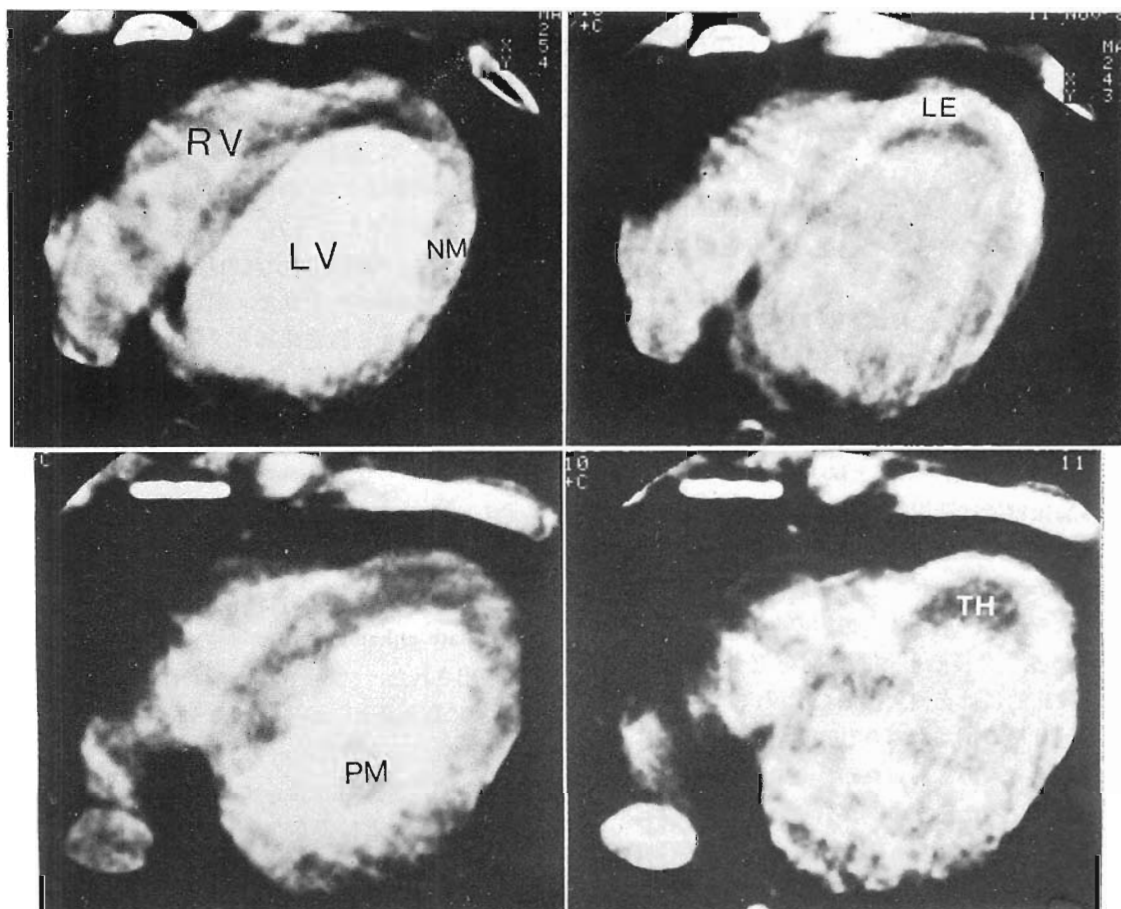


Fig. 7. Cardiac CT images of a patient with 4-month-old extensive anterior infarction (55 years, male).

Left: The right ventricle (RV), left ventricle (LV), normal myocardium (NM) and papillary muscle (PM) are clearly demonstrated soon after the bolus injection of contrast material. However, the structures of the anterior portion of the left ventricle are not distinctly visualized.

Upper panel: Middle level of the left ventricle.

Lower panel: Lower level of the left ventricle.

Right: An area of late enhancement (LE) suggesting the infarcted myocardium and a mural thrombus (TH) are observed by the delayed image at the same levels of the left panels after 10 min from the bolus injection.

よく一致しており、CT による梗塞部の直接的証明は、従来、十分に行うことのできなかつた梗塞量の測定を臨床的にも可能にした。このさい、充盈欠損部の容積は心筋壊死容積を、late enhancement 部の容積は修復部を含めた梗塞の全体量を示すものと思われ、この2つの所見から梗塞の大

きさや修復状態を知り、梗塞の経過を追求することができることを示した。

臨床的にも、充盈欠損像と late enhancement の2つの所見は、動物実験とほぼ類似していた。しかし、後壁、下壁梗塞でこれらの直接所見を明らかに認めた例はなく、この部位では CT のス

ライス角度が梗塞と平行に近くなり, 部分的容量効果のため濃度分解能が低下すること, 下・後壁では心運動が前壁より強く, 運動によるブレを生ずることがその理由と考えられた。また, 心内膜下梗塞や狭心症でもこれらの所見は認められなかったが, これは充盈欠損像と late enhancement の出現が梗塞の大きさや虚血の程度と関係しているためであろう。

中隔・前壁梗塞では, 急性期所見として多くの例で充盈欠損像を, 急性, 慢性両期の所見として約半数で明らかな late enhancement をみることができたが, 動物実験の成績のように, 全例で明らかな所見を認めることはできなかった。これは, 臨床例では造影剤の量が動物実験に比し少量であること, 撮影枚数や時間が制限されることに関係があると思われ, これら直接所見を能率的に描出するには, 造影法, 撮影のタイミング, 撮影方向など, 今後の技術的検討を必要とする。なお, 臨床的には充盈欠損像の出現は, 最長で発症約5ヵ月後の例でもみられ, 動物実験より長い期間存在するものもあったが, これは臨床例では重症度の異なった種々の例が含まれており, 同時に他部の冠動脈狭窄を有する例もあり, 実験動物に比べ, 一般に修復過程が遅れるためと考えられた。

心筋梗塞の CT 所見としては, ここで述べた充盈欠損像と late enhancement の出現のほか, 間接所見として, 局所的壁厚減少, 壁運動の局所的障害があり, 合併症としての心臓瘤, 心室壁在血栓, 梗塞部の石灰化, 心膜液貯留, 肺野 CT 値の増大による肺うっ血の診断も可能であるが, これらの診断法についてはすでに一部報告したので^{1,2,13~15)}, ここでは省略することにする。

要 約

従来, 急性期心筋梗塞の CT 上の直接所見として, 造影後の初期充盈欠損像と late enhancement の出現が動物実験によって示されている。そこで, 我々は新鮮および陳旧性心筋梗塞の検出

と定量化について, この2つの所見の診断的有用性を実験的, 臨床的に研究することにした。

動物実験には前壁梗塞を作成した16頭の雑種成犬を用いた。冠動脈結紮後1ヵ月以内の梗塞では, 造影剤静注後の early scan で充盈欠損像をみることができた。一方, 注射後の delayed scan では, 急性, 慢性期いずれの時期でも, 梗塞部の late enhancement をみた。病理像との比較では, 充盈欠損部は心筋壊死部と, late enhancement 部は壊死部と瘢痕部を含めた梗塞全体とほぼ一致していた。CT 像より測定した全梗塞量は, 病理的梗塞量と相関係数 $r=0.96$ で, よい相関を示した。

臨床研究では, 造影 CT を施行した112例の心筋梗塞と12例の狭心症を対象とした。前壁・中隔または心尖部梗塞では, 梗塞部で充盈欠損像および late enhancement が動物実験と同様に明瞭に検出された。このさい, 前者は新鮮な梗塞の86%に認められ, 後者は新鮮および陳旧性梗塞の約半数にみられた。一方, 下・後壁梗塞, 心内膜下梗塞, 狭心症では, これらの CT 所見を十分に認めることはできなかった。

以上の成績は, CT が心筋梗塞の非観血的な診断や経過観察に有用であることを示している。

文 献

- 1) Masuda Y, Yoshida H, Morooka N, Takahashi O, Watanabe S, Inagaki Y, Uchiyama G, Tateno Y: ECG-synchronized computed tomography in clinical evaluation of total and regional cardiac motion: Comparison of post-myocardial infarction to normal hearts by rapid sequential imaging. *Am Heart J* 103: 230, 1982
- 2) Morooka N, Yamada Z, Watanabe S, Shukuya M, Masuda Y, Inagaki Y, Yoshida H, Nakamura M, Tsunoda K, Nakanishi N: Usefulness of contrast enhanced cardiac computed tomography in myocardial infarction. *J Cardiography* 12: 359, 1982 (in Japanese).
- 3) Carlsson E, Lipton MJ, Brundage B, Doherty P, Berninger WH, Redinton RW: Diagnostic potential of cardiac CT. *Applied Radiology* 7: 105, 1978
- 4) Lipton MJ, Higgins CB: Evaluation of ischemic

- heart disease by computerized transmission tomography. *Radiol Clin N America* **18**: 557, 1980
- 5) Nair CK, Sketch MH, Mahoney PD, Lynch JD, Mooss AN, Kenney NP: Detection of left ventricular thrombi by computerised tomography. A preliminary report. *Br Heart J* **45**: 535, 1981
 - 6) Palmer RG, Masuda Y, Carlsson E: Washout curves from myocardial infarctions in dogs, studied by contrast-enhanced computed tomography. *Cardiovasc Intervent Radiol* **5**: 221, 1983
 - 7) Masuda Y, Palmer G, Carlsson E: Detection and quantitation of myocardial infarction by CT—Animal experimental study—. *Respiration and circulation* **31**: 409, 1983 (in Japanese)
 - 8) Adams DF, Hessel SJ, Judy PF, Stein JA, Abrams HL: Computed tomography of the normal and infarcted myocardium. *Am J Radiol* **126**: 786, 1976
 - 9) Carlsson E, Lipton MJ, Berninger WH, Doherty P, Redinton RW: Selective left coronary myocardiography by computed tomography in living dogs. *Invest Radiol* **12**: 559, 1977
 - 10) Higgins CB, Sovak M, Schmidt W, Siemers PT: Differential accumulation of radiopaque contrast material in acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* **43**: 47, 1979
 - 11) Higgins CB, Siemers PT, Schmidt W, Newell JD: Evaluation of myocardial ischemic damage of various ages by computerized transmission tomography. Time-dependent effects of contrast material. *Circulation* **60**: 284, 1979
 - 12) Higgins CB, Siemers PT, Newell JD, Schmidt W: Role of iodinated contrast material in the evaluation of myocardial infarction by computerized transmission tomography. *Invest Radiol* **15**: S 176, 1980
 - 13) Yoshida H, Tsunoda K, Yamada Z, Morooka N, Watanabe S, Masuda Y, Inagaki Y, Nakanishi S: Assessment of intracardiac mural thrombus by contrast enhanced computed tomography. *J Cardiography* **12**: 645, 1982 (in Japanese)
 - 14) Morooka N, Watanabe S, Masuda Y, Inagaki Y: Estimation of pulmonary water distribution and pulmonary congestion by computed tomography. *Jpn Heart J* **23**: 697, 1982
 - 15) Masuda Y, Yamada Z, Honda M, Morooka N, Yoshida H, Watanabe S, Shukuya M, Inagaki Y: Evaluation of myocardial infarction by computed tomography (CT). *Jpn J Med Imaging* **2**: 139, 1983 (in Japanese)