マルチスライス CT が有用であった overlapping 手術の 1 経験例

横山 雄一郎 佐藤 晴 瑞

マルチスライス CT (MDCT) の登場により、冠動脈の評価だけでなく外科手術におけるさまざまな情報収集が可能となった。心筋症に対する心筋 viability の評価においては、心筋シンチや MRI による評価が一般的であるが CT においても十分な情報を得ることができる。症例は 59 歳、男性。45 歳時に冠動脈 3 枝病変に対し他院で冠動脈バイパス手術をうけた。この時点で前下行枝領域は陳旧性心筋梗塞で低左心機能であった。その後内服を自己中止、通院をまったくしていない状況が続き、2009 年 2 月に呼吸困難を主訴に当院に来院された。虚血性心筋症による心不全および左室内浮遊血栓を認め緊急手術を行った。術前 CT で、左室 viability の評価を行い、overlapping type の左室形成術を選択した。側副血行路も含めた冠動脈評価によりバイパス部位を決定した。重度の僧帽弁逆流も認めていたが、CT にて乳頭筋間距離の拡大を認めなかったため、僧帽弁輪形成術のみを行った。左室内血栓の局在も CT にて明確に同定可能であった。術後の左室形態、心機能についても CT による評価が有用であった。日心外会誌 39 巻 2 号：94-98 (2010)

キーワード：虚血性心筋症，overlapping 手術，マルチスライス CT

A Surgical Case of Ischemic Cardiomyopathy Evaluated by Multi Detector-Row Computed Tomography

Yuichiro Yokoyama and Harumitsu Satoh (Department of Cardiovascular Surgery, Yotsuba Circulation Clinic, Matsuyama, Japan)

For patients with advanced heart failure, surgical left ventricular restoration (SVR) is an option usually evaluated by nuclear cardiac imaging, magnetic resonance imaging and ultrasonography. The clinical application of multi detector-row computed tomography (MDCT) has been increasingly extended to evaluate not only coronary artery stenosis, but also cardiac function, myocardial perfusion and viability. We report a successful surgical case of ischemic cardiomyopathy evaluated by MDCT in pre- and post-LVR. A 59-year old man was admitted to our hospital because of worsening heart failure. He had a history of coronary artery bypass grafting after myocardial infarction of the anterior wall at age 45 but had discontinued his medication 5 years previously. Ultrasonography showed poor left ventricular function, massive mitral regurgitation and a floating mural thrombus which required emergency surgery. In addition to conventional coronary angiography, electrographically-gated MDCT clearly described the complex coronary anatomy and stenosis, global and regional left ventricular function, and the relation between the mural thrombus and the scarred myocardium. Thrombectomy, LVR (overlapping type), coronary artery bypass grafting and mitral annuloplasty were performed. Postoperative MDCT showed improvement in left ventricular volume and function in the time-volume analysis, in wall thickness and wall thickening in both the SVR site and remote sites in four-dimensional volumetric imaging. Our case suggests that MDCT can be a valuable tool for the cardiac surgeon. Jpn. J. Cardiovasc. Surg. 39: 94-98 (2010)

Keywords : ischemic cardiomyopathy, surgical left ventricular restoration, multi detector-row computed tomography

左室形成術は、左室を適度なサイズに縮小し円錐状の形態にいかにより修正できるかということが重要である。これを成し遂げるためには手術経験を要するものと思われるが、経験の少ない術者にとって、術前に詳細な心機能評価・心筋組織性状評価に基づき exclusion する範囲、術式を適切に決定できることは大きな助けとなる。今回われわれは虚血性心筋症に対する overlapping 手術に際し、64 列マルチ

スライス CT (TOSHIBA 製 Aquilion64) が非常に有用であった 1 例を経験したので報告する。

症 例

症例：59 歳、男性。

主訴：呼吸困難。

現病歴：45 歳時に急性心筋梗塞を発症し、他院で冠動脈バイパス手術 (LITA-D2, SVG-#14-#15, GEA-4PD) を受けた。術前より前下行枝領域は陳旧性心筋梗塞となっており、前下行枝本幹へのバイパスは行われなかった。左室

駆出率 (EF) は 27% と低下していたが、バイパス後の EF は 45% まで改善していた。2009 年 2 月に呼吸困難を主訴に当院に来院された。精査の結果、虚血性心筋症による心不全および左室内浮遊血栓の診断で緊急手術の方針となった。

入院時現症：身長 170 cm, 体重 60 kg, 血圧 110/60 mmHg, 脈拍 87/分, 洞調律, 整。第 4 肋間胸骨左縁に Levine III/VI の汎収縮期雑音を聴取した。

入院時血液検査所見：WBC 11,300/ μ l と上昇, Hb 12.0 g/dl と軽度の貧血も認められた。HbA1c は 9.9% と糖尿病コントロールは不良であった。

心電図：正常洞調律。V₁～V₄ に R 波高の低下, I, aV_L, V₅, V₆ に陰性 T 波を認めた。

胸部レントゲン写真：心胸郭比 60%, 両側肺野のうっ血像および胸水貯留を認めた。

経胸壁心臓超音波検査：左室拡張末期および収縮末期径は 57/50 mm, EF は 26%, 前壁中隔は瘢痕化しており慢性の壁運動低下を認め, III 度の僧帽弁逆流を認めた。心室中隔に付着した浮遊血栓を認めた。

ECG 同期心臓 CT 検査：RR 間隔を 10 時相に分割した多時相容量データによる左心機能解析においては、ヨード造影剤による心筋の染影 (心筋コントラスト), 心室壁厚, 収縮期壁厚増加率, 局所壁運動をそれぞれ評価した。前壁心基部領域は心内膜下の心筋コントラスト低下と壁運動低

下はみられるが、心室壁厚と収縮期壁厚増加は保たれており, viable と判断した。しかし, D2 領域は梗塞後変化により, 壁の菲薄化 (<5 mm), 石灰化変性を起こし (図 1), 心機能解析においても貫壁性の心筋コントラスト低下, 心室瘤様の壁運動低下を認めたため, viability なしと

図 1 CT (MPR 像) による左室壁運動の評価
前壁中隔に収縮期壁厚増加を認めない無収縮領域 (矢頭) を認める。内膜側の low density area が血栓。

図 2 左室内血栓

(A) 経胸壁心臓超音波。(B) CT。(C) CT による乳頭筋間距離の測定：前後乳頭筋の先端間距離は 28.6 mm で開大なし。

図3 CTによる冠動脈評価

前回のバイパスは LITA 以外全て閉塞している (左). 今回吻合した大伏在静脈の開存が確認できる. 丸印は末梢吻合部を示す (右).

図4 手術所見および摘出標本

左が頭側, 右が尾側. (A) 左室切開創から血栓を摘出したところ. (B) 新旧入り混じった血栓. 矢頭の部分が左室内を浮遊. (C) Overlapping 手術の1層目. (D) 2層目.

判断した。中隔側も前壁領域に連続して癒痕化を認めていたが、短軸で中隔中央部までは癒痕化しているものの下壁側の中隔は viable と判断した (図 1)。体表面積補正した左室容量は拡張末期/収縮末期で $147.5/102.3 \text{ ml/mm}^2$ と拡大しており、EF は 30.7% であった。中隔に約 $20 \times 15 \text{ mm}$ 大の壁在血栓を認め一部左室内を浮遊していた (図 2)。心臓超音波検査上高度の僧帽弁逆流を認めていたが、CT 上乳頭筋間距離は 28.6 mm で拡大していなかった (図 2)。冠動脈は左主幹部に 75% 狭窄を認め、3 枝とも #2, #6, #11 で完全閉塞していた。前回手術のグラフトは LITA-D2 以外全て閉塞していた。回旋枝、右冠動脈末梢、前下行枝末梢が D2, RV branch からの側副血行路で灌流されていた (図 3)。

心臓カテーテル検査：冠動脈は全体的に枯れ枝状であった。所見は CT と同様であった。

以上より、左室前壁中隔の比較的限局した領域の癒痕形成および左室拡大に伴う瀰漫性の壁運動低下を来した虚血性心筋症、左室内血栓、高度僧帽弁逆流の診断で緊急手術の方針となった。

手術：胸骨正中切開でアプローチした。前回手術に伴う高度の癒着を認め左内胸動脈の同定に苦労したが、CT における周囲臓器との位置関係から剥離を進め露出した。上行大動脈送血、上・下大静脈脱血にて人工心肺を確立した。冠動脈は枯れ枝状であったが、できる範囲での虚血改善が必要と考え、on-pump beating 下に冠動脈バイパス術を行った。大伏在静脈を用い、RV branch, 4 PD, 14 PL を sequential に吻合した。左室前壁の癒痕領域を触診にて確認し左室切開線を決定した。上行大動脈遮断を行い、順行性、逆行性冠還流および吻合した大伏在静脈中枢側より心筋保護液を注入して心停止とした。前下行枝に平行に左室前壁を切開した。中隔側に付着する新旧入り混じった血栓を確認し摘出した。癒痕組織は一部石灰化していたため可及的に切除した。CT の診断どおり、前壁は D2 領域まで viable であり中隔側の癒痕化は下壁側に向かって約 1/2 までにとどまっていた。Overlapping 手術¹⁻³⁾で左室の容積および形態の適正化が可能と判断した。3-0 polypropylene 糸で前壁側を中隔側の癒痕化組織の端に連続縫合で落とし込んだ後、切開線の断端と前壁側を左室形成縫合針® (松田医科工業, 東京) を用いて連続縫合し overlapping 手術を終了した。次に、経心房中隔アプローチで僧帽弁に到達した。僧帽弁逆流は中央部から起こっており、術前の CT で乳頭筋間距離の拡大も認めなかったため、subvalvular procedure²⁻⁴⁾は必要ないと判断し、26 mm の Physioring を用いて僧帽弁輪形成術のみを行った。水試験を行い逆流の消失を確認した。最後に大伏在静脈の中枢側吻合を行って手術を終了した。人工心肺からの離脱は容易であり

図5 左室壁厚および壁厚増加率

(A) 左室壁厚。術前：左室壁は薄く、収縮期においても壁厚の増加を認めず。術後：拡張期の壁厚が増加。収縮期でさらなる増加が認められる。(B) 壁厚増加率。左室全体の壁厚が増加しており、左室形成により非手術領域の壁応力が低下していることが分かる。

IABP や PCPS による補助は必要としなかった。手術時間 431 分、大動脈遮断時間 89 分、体外循環時間 236 分であった (図 4)。

術後経過：術後 2 日目に抜管した。8 日目に一般病棟へ移った。11 日間のカテコラミンサポートを要したが、順調に離脱し、26 日目に退院となった。

術後経胸壁心臓超音波検査：左室拡張末期および収縮末期径は $55/47 \text{ mm}$ に縮小し、EF は 31% まで回復した。左室形態も円錐形に修復されていた。僧帽弁逆流は trivial であった。

術後 CT による評価：バイパスは全て開存し (図 3)、左室内血栓も全て除去されていた。体表面積補正した左室容量は拡張末期/収縮末期で $121.1/81.4 \text{ ml/mm}^2$ と著明に縮小していた。EF は 32.8% であった。左心機能改善の評価として、図 5 のように左室壁厚および左室壁厚増加率を色分けしてみると、左室形成を行った前壁だけでなく、側壁領域、下壁領域の拡張期末期の壁厚増加および壁厚増加率の上昇を認めた。これらは左室形成に伴い壁応力が減少し壁運動が回復したことを表している。また、1 心拍間で

図6 左室容量変化

1 心拍を 10% 間隔に分割再構成された多時相容量データによる定量評価。術後は全時相において容量の減少を認め、収縮末期時相も RR 40% から RR 30% ヘシフトし、収縮・拡張能の改善を示している (赤点線から青点線へ)。

の拡張期から収縮期へ移行するタイミングをグラフにすると (図 6) 拡張期の延長および収縮期の短縮が認められ、収縮、拡張機能とも明らかに改善していると考えられた。

考 察

心筋症に伴う重症心不全症例に対する左室形成術が近年増加し、手術成績も徐々に向上してきている。初期の左室形成術の成績が不良であったのは、心筋 viability の評価が正確にできなかったことや左室を縮小しすぎてしまうこと、出来上がりの形態が悪かったことなどが大きな原因である^{3,5)}。左心室の局所心機能と心筋 viability の評価を詳細に行い、適切に左室を exclusion することで左室壁応力を低下させ、さらに円錐形に形態を整え左室のツイスト運動を容易にすることが重要と言われている³⁾。術前評価として、これまで SPECT や PET などの核医学検査や MRI 検査などの有用性が報告されているが、本症例は心不全と左心室内の浮遊血栓を併発した緊急症例であり、これらの検査を行わず、CT による術前評価を行い、外科手術を施行した。近年のマルチスライス CT の性能向上に伴い、CT による心機能評価、心筋かん流・心筋 viability 評価に関する研究も報告されている。SPECT や PET などの核医学検査は、心筋血流や心筋 viability に関する豊富なエビデンスは報告されているが、空間分解能の不足により局所の評価が困難なことや緊急例や重症例に対する検査の簡便性や簡易性なども問題がある。MRI は、高磁場の検査室のためにカテコラミンなどの持続シリンジポンプや両心室ペースメーカー埋め込みなどの問題が挙げられる。CT は、空間分解能に優れること、任意の角度からの評価が可能であること、また冠動脈と心筋の関係を一度に評価可能であることなど他の検査にはない特徴を有する⁶⁻⁸⁾。

今回の症例は瘢痕領域が前壁中隔の心尖部側に限局して

おり、CT で瘢痕領域と viable な領域の境界線がはっきりと確認可能であり術中の所見とも合致していた。比較的限局した領域であったため、完全に瘢痕領域を exclusion したとしても左室容量は十分に保たれ形態も改善すると判断し overlapping 手術を選択した。完全に瘢痕領域での縫合であるため連続縫合での形成術が可能であり非常にシンプルに手術を終了することができた。これは術前 CT による左室評価が十分であったためと思われる。

術前術後の左心機能の改善度も CT で評価可能であった。左室容量の変化だけでなく、壁厚の変化、壁厚増加率、収縮拡張パターンまで評価可能であり、左室駆出率だけでは判断できない詳細な変化をとらえることができた。ヨード造影剤・被曝の問題はあるが、将来的には出来上がりの左室形態まで術前に計画する、いわゆる navigation surgery にまで発展できると考えられた。左室形成術の対象となる症例は各々心筋の状態が異なっており、各症例に合わせた術式選択が必要となり、CT に冠動脈・心筋の総合的な評価は有用であり、一般的な心臓外科手術に近づくことができ左室形成術のさらなる成績向上につながると考えられた。

おわりに

虚血性心筋症に対する overlapping 手術を経験した。術前術後の左室 viability、左心機能の評価、詳細な術式の決定においてマルチスライス CT が非常に有用であった。

文 献

- 1) Matsui, Y., Fukada, Y., Suto, Y. et al.: Overlapping cardiac volume reduction operation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **124**: 395-397, 2002.
- 2) Matsui, Y., Fukada, Y., Naito, Y. et al.: Integrated overlapping ventriculoplasty combined with papillary muscle placcation for severely dilated heart failure. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **127**: 1221-1223, 2004.
- 3) Matsui, Y.: Overlapping left ventricular restoration. *Circ. J.* **73** (Suppl. A): A-13-A-18, 2009.
- 4) Suma, H., Tanabe, H., Uejima, T. et al.: Surgical ventricular restoration combined with mitral valve procedure for endstage ischemic cardiomyopathy. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* **36**: 280-285, 2009.
- 5) Suma, H.: Partial left ventriculectomy. *Circ. J.* **73** (Suppl. A): A-19-A-22, 2009.
- 6) Mendoza, D.D. and Weigold, W.G.: Evaluation of myocardial viability by multidetector CT. *J. Cardiovasc. Comput. Tomogr.* **3** (Suppl. 1): S2-S12, 2009.
- 7) Blankstein, R., Rogers, I.S., Cury, R.C. et al.: Practical tip and tricks in cardiovascular computed tomography: Diagnosis of myocardial infarction. *J. Cardiovasc. Comput. Tomogr.* **3**: 104-111, 2009.
- 8) Orakzai, S.H., Orakzai, R.H., Nasir, K. et al.: Assessment of cardiac function using multidetector row computed tomography. *J. Comput. Assist. Tomogr.* **30**: 555-563, 2006.