

● 前壁中隔梗塞への応用(図4)

前壁中隔の梗塞に対しても本術式は応用可能である。心室切開はDor手術やSAVE手術と同様に左前下行枝から数cm離して平行に心尖部から心基部まで切開する。内腔を観察し、梗塞部位と健常部位の境界部を同定する。心室中隔はほとんどの症例において梗塞に陥っているため、下壁に対する左室形成と同様に左室自由壁側の境界部を心室中隔にlinearに縫着することになる。心室中隔の梗塞範囲によって心室中隔上の縫合線の自由縁からの距離が変わってくる。他の部位と同様に4-0モノフィラメント糸のやや大きめの針を使用し、連続で縫合する。

▶▶ Video 2



最近の症例では前壁中隔梗塞に下壁梗塞も伴う場合が多く、その場合は前壁の切開線を心尖部を越えてさらに下壁にまで延長する(図5, ⊙ video 2)。下壁の心内縫合をまず行い、その後に前壁中隔の心内縫合を行う。このような症例では下壁、前壁中隔の心内縫合線が繋がる場所が新しい心尖部になるため、術後の左室形態がellipsoidになるように、個々の症例でその位置を慎重に決める必要がある。

図4 前壁中隔梗塞に対する左室形成術

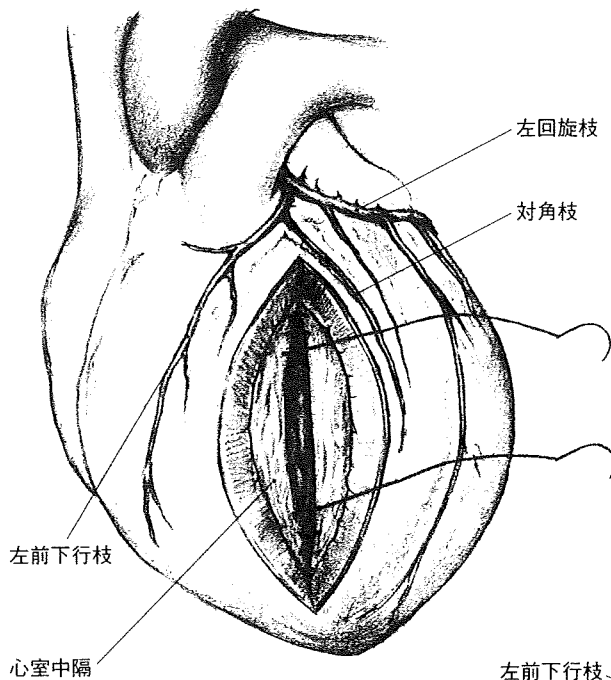
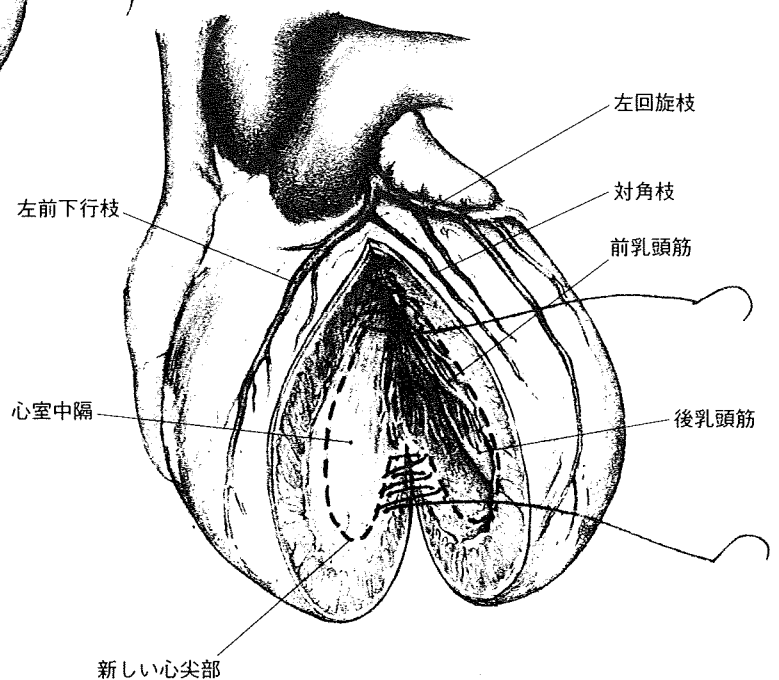


図5 前壁中隔梗塞に下壁梗塞も伴う場合の左室形成術



また前壁中隔に対する左室形成，特に上記のように下壁の左室形成を同時に行う場合の残存左室容積の決定は，実際にバルーン等を挿入して決定するほうが確実であろう。バルーンは市販のものがなく，われわれは手術用の手袋の指の部分を結紮切除して用いている。心内縫合が半分くらい終わった時点で患者の体格に合わせて80~100 mLのバルーンが完納できれば最低左室容量は確保できていると考えている。

前壁の切開線の縫合であるが，死腔を残さないようにするには中隔側は自由縁とともに心室中隔を利用して閉鎖する必要がある。その際に左前下行枝を巻き込まないように十分留意する。糸は他の部位の左室形成と同様に2-0モノフィラメント糸の最大の針を用いている。

●手術成績

このELIETで現在(2008年11月)までに16例の症例に左室形成を行った。平均年齢64.5歳，平均左室駆出率(left ventricular ejection fraction : LVEF) 34%，平均NYHA 2.6度で，形成部位は前壁中隔6例，側壁4例，下壁2例，前壁中隔+下壁4例であった。16例中14例に冠動脈バイパス術を行い，10例に僧帽弁形成術を必要とした。病院死亡は1例でリハビリテーション目的に転院後脳梗塞で失った。LVEFは6ヵ月後に平均47%と有意に増加し，2年間の心不全回避率は80%と良好な結果を得た。

このELIETの利点は，①冠血管系を温存できること，②出血を回避できること，③手術手技が複雑でないこと，④どの部位にも一様な手技で応用できることであり，虚血性心筋症に対する左室形成術の有効な術式の選択肢の一つと考えられる。

●—文献—●

- 1) Kim RJ, Wu E, Rafael A, et al : Relationship of MRI delayed-enhanced contrast enhancement to irreversible injury, infarcted age, and contractile function. *Circulation* 100: 1992-2002, 1999.
- 2) Kim RJ, Wu E, Rafael A, et al : The use of contrast-enhanced magnetic resonance imaging to identify reversible myocardial dysfunction. *N Engl J Med* 343: 1445-1453, 2000.
- 3) Ogawa M, Doi K, Yamada Y, et al : Surgical ventricular restoration based on evaluation of myocardial viability with delayed-enhanced magnetic resonance imaging. *Gen Thorac Cardiovasc Surg* 55: 149-157, 2007.
- 4) 小川 貢, 土井 潔, 夜久 均 : 心筋バイアビリティー評価, CIRCULATION VISUAL BESTシリーズ : 心臓血管外科テクニク III冠動脈・心筋疾患編, 第1章 冠動脈・心筋疾患の病態と治療戦略, 2. 狭心症に対する冠動脈バイパス術, 監修 : 松居喜郎, 総監修 : 四津良平, メディカ出版, 2009, p47-59.
- 5) Dor V, Saav M, Coste P, et al : Left ventricular aneurysm: a new surgical approach. *Thorac Cardiovasc Surg* 37: 11-19, 1989.
- 6) Isomura T, Horii T, Suma H, et al : Septal anterior ventricular operation (pacopexy) for ischemic cardiomyopathy: treat form not disease. *Eur J Cardiothorac Surg* 29S: S245-250, 2006.
- 7) 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.
- 8) Batista RJV, Verde J, Nery P, et al : Partial left ventriculotomy to treat end-stage heart disease. *Ann Thorac Surg* 64: 634-638, 1997.
- 9) Yaku H, Doi K, Okawa K, et al : Endocardial linear infarct exclusion technique for lateral wall: a new technique for ventricular restoration (Abst). *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery* 7 (suppl 3): S254, 2008.

私の「手術手技」

夜久 均, 土井 潔 京都府立医科大学大学院医学研究科心臓血管・呼吸器外科学

●虚血性僧帽弁閉鎖不全を弁輪縫縮術のみで制御することの限界

虚血性僧帽弁閉鎖不全に対して弁輪縫縮術は理にかなった方法であり、ほとんどの症例で僧帽弁閉鎖不全は制御できる。しかしながら経年変化をみた場合には、20~30%の割合で数年の経過で中等度以上の僧帽弁閉鎖不全が再発すると報告されている。

Braunら¹⁾は、術前左室拡張末期径(left ventricular end-diastolic dimension : LVDd)が65 mm以上、左室収縮末期径(left ventricular end-systolic diameter : LVDs)が50 mm以上の症例では、僧帽弁輪縫縮術でうまく僧帽弁閉鎖不全が制御できても、その後の再発率は高く生存率も低いことを示した。また同様にDe Bonisら²⁾は僧帽弁縫縮術で閉鎖不全が完全に制御できた症例のうち、reverse remodelingが起こらなかった症例では僧帽弁閉鎖不全が再発した。このことは僧帽弁閉鎖不全の再発は僧帽弁の問題ではなく心室そのものの問題であることを意味している。

またMatsunagaら³⁾は術前の心エコーにて後乳頭筋の後側方の変位が強い症例では再発を起こしやすく、またKawaharaら⁴⁾は再発症例では後尖の弁輪からの角度が急峻になっていくことを示した。これらのことも術前の心室のremodelingの程度が高度で、さらにそれが進行する症例で再発が起こっていることを意味する。

このようなevidenceから虚血性僧帽弁閉鎖不全のなかには弁輪縫縮術のみでは再発を回避できない症例が存在することは事実であることがわかる。

●弁輪縫縮術以外の付加手術が必要な場合のパラメーターとそのcut off値

それでは術前のどんなパラメーターで僧帽弁輪縫縮術以外の付加手術の必要性を決めるのか。術前のパラメーターでcut off値を提唱している論文は表1のようになる。Calafioreら⁵⁾は僧帽弁のcoaptation depth > 10 mm, Magneら⁶⁾はposterior leaflet angle $\geq 45^\circ$ (4-chamber), Kongsarepongら⁷⁾は僧帽弁輪径 ≥ 3.7 cm (4-chamber), tethering area ≥ 1.6 cm² (long-axis), MR (mitral regurgitation) ≥ 3.5 度, Braunら¹⁾はLVDd > 65 mm, LVDs > 50 mmを提唱している。実際にはそれらを参考にして、総合的に判断せざるをえないであろう。

表1 付加手術のパラメーターとcut off値

	Parameters	References
Calafiore, et al	Coaptation depth > 10 mm	5
Magne, et al	Posterior leaflet angle $\geq 45^\circ$ (4-chamber)	6
Kongsarepong, et al	Mitral annulus ≥ 3.7 cm (4-chamber) Tethering area ≥ 1.6 cm ² (long-axis) MR ≥ 3.5 度	7
Braun, et al	LVDd > 65 mm LVDs > 50 mm	1

●さまざまな付加手術

虚血性僧帽弁閉鎖不全に対する手術の基本は僧帽弁輪縫縮術である。変性疾患に対するリングのサイズに比し2サイズ小さいリングを選んで縫着する。この方法で弁尖に器質的な病変がない限り、ほとんどの症例で逆流は消失してしまう。しかしながら弁輪縫縮術は虚血性僧帽弁閉鎖不全のメカニズムを取り除く手術ではないため、上述したようにそれだけでは一定の割合で再発が生じてくる。したがってその可能性の高い症例にはある程度メカニズムを解消する手技を付け加えることが必要で、それが付加手術ということになる。

それを加える部位によって付加手術は次のように大きく3つに分けられる。①弁尖レベル、②腱索レベル、③乳頭筋レベルである。

1 弁尖レベル

虚血性僧帽弁閉鎖不全では後乳頭筋が後側方変位するため、弁尖が腱索によって左室内に引き込まれ両尖の接合が悪くなっている。その解消を弁尖レベルで行う方法として弁尖のオーグメンテーションがなされる。後尖⁸⁾、前尖⁹⁾ともオーグメンテーションが可能である。

2 腱索レベル

弁尖を左室内に引き込んでいる腱索を切離し(chordal cutting)、弁尖の膨らみを回復させようとする術式である¹⁰⁾。実際には前尖がbasal chordaeによって強く引っ張られているときにこの方法がとられる。Borgerら¹¹⁾はこの手術の2年間の成績を報告しているが、リングのみの症例に比し、生存率には差がなかったが、心不全回避率はchordal cuttingを付加したほうが高かった。またこの方法では、basal chordaeを切離することによって、心機能低下の懸念がある。Masuyamaら¹²⁾は、chordal cuttingに加えて人工腱索を再建し心機能の低下を予防している。

3 乳頭筋レベル

Hvassら¹³⁾は前後乳頭筋の根部をGore-Tex tubeにて寄せ、後乳頭筋の再リモデングを防止する方法を発表した。またMatsuiら¹⁴⁾は前後乳頭筋を根部から先端まで縫合している。

一方Kronら¹⁵⁾は後乳頭筋に糸をかけ、それを後尖弁輪に結紮することによって後乳頭筋を弁輪方向に吊り上げた(relocation)。彼らはこの方法での20例の臨床成績を報告し、僧帽弁の逆流は制御され良好な結果であった。

● 著者が行っている付加手術

当施設では、Otsujiら¹⁶⁾が提唱する虚血性僧帽弁閉鎖不全のメカニズムから、後乳頭筋の吊り上げがその解消に一番効果的であると考え、Kronらの方法に準じて付加手術を行っている。ただし、吊り上げる方向としてはメカニズムから考えても前方がより効果的と考え、後乳頭筋に縫着した4-0モノフィラメント糸を前尖の弁輪部中央に吊り上げるようにしている。また左室拡大をきたし、両尖ともに左室心尖部方向へtetheringしている場合は、両乳頭筋ともに吊り上げている。

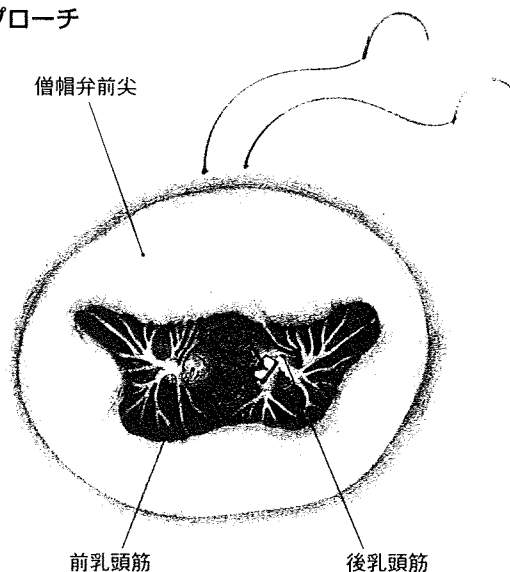
1 心房からのアプローチ(図1, @ video 1)

▶▶ Video 1



心房側からアプローチする場合は、前後乳頭筋から出ている腱索を確実に二分し、その間をSH針にて慎重に前尖弁輪に抜いてくる。その糸を引っ張ってみて前尖の形が歪むようであれば腱索を巻き込んでいる可能性がある。その糸は最終的にリングにかけて結紮するが、水試験にて左室内腔にできるだけ圧をかけ、逆流を認めなければその位置で結紮する。

図1 心房からのアプローチ



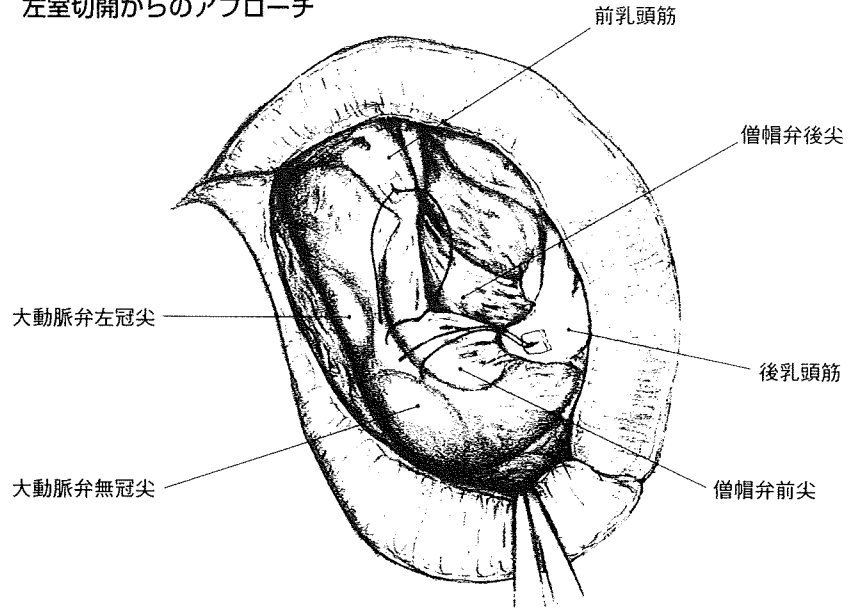
2 心室からのアプローチ(図2, video 2)

▶▶ Video 2



左室形成を同時に行う症例の場合は、後乳頭筋あるいは両乳頭筋に左室側から乳頭筋先端部に4-0モノフィラメント糸を縫着し、その糸を前尖弁輪部中央で左室側から左房側に抜き、糸、針を左房内に留置したまま左室形成を行う。その後右側左房切開を行い僧帽弁の手技を行う際にその糸を上述と同様にリングに固定する。

図2 左室切開からのアプローチ



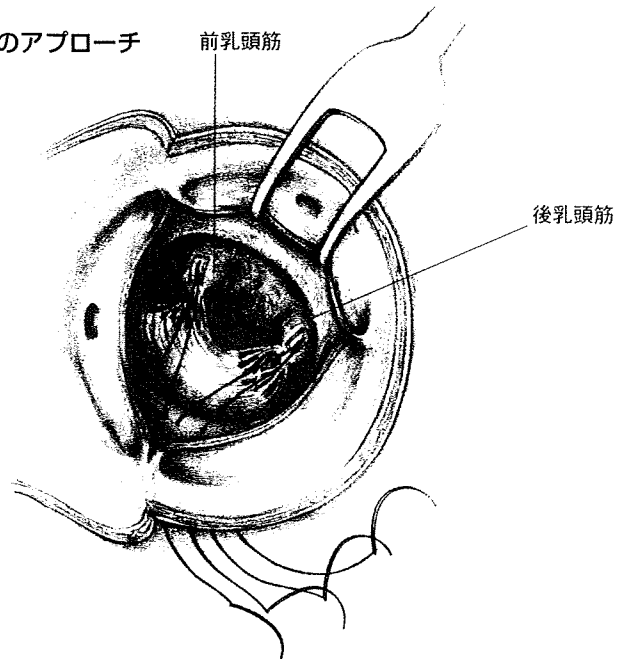
3 上行大動脈からのアプローチ(図3, video 3)

▶▶ Video 3



Langerら¹⁷⁾は虚血性僧帽弁閉鎖不全に対して、上行大動脈切開から大動脈弁越しに僧帽弁後乳頭筋に糸を縫着し、その糸を左冠尖と無冠尖の交連部の直下の前尖弁輪部から大動脈の外側に抜き、人工心肺を離脱した後経食道心エコー所見を見ながら後乳頭筋を吊り上げる方法を報告した。この方法は特に大動脈弁置換を行う症例では簡便であり、また後乳頭筋だけでなく前乳頭筋も吊り上げることが可能である。

図3 大動脈弁越しからのアプローチ

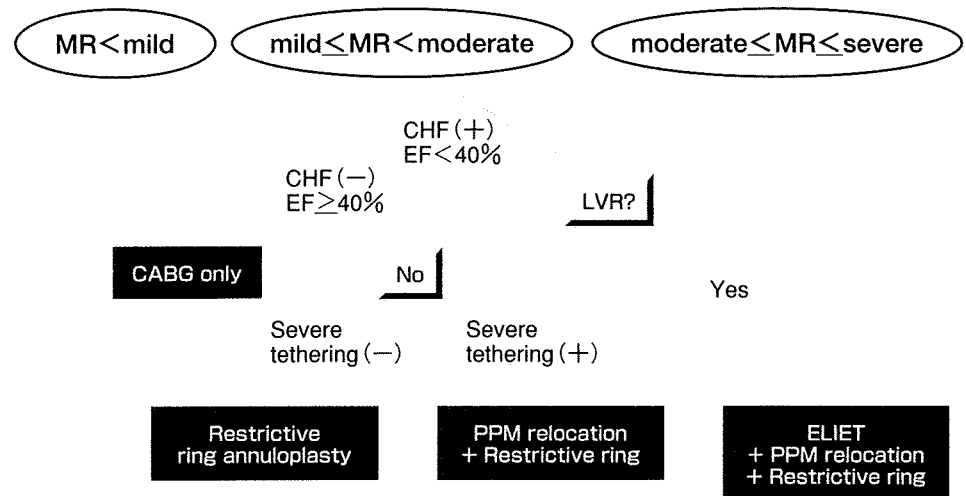


当施設では現在(2008.11)までに上述の3通りのアプローチを用いて乳頭筋の吊り上げを9例に行った。僧帽弁閉鎖不全の程度は2~4度、平均2.8度、coaptation depthは平均 9.6 ± 1.9 mm, tethering areaは平均 2.2 ± 0.6 cm², 僧帽弁輪径は平均 35.8 ± 3.0 mmであった。6ヵ月後の心エコー評価にて全例で0~1度であった。

当施設での虚血性僧帽弁閉鎖不全に対する治療方針を図4に示す。僧帽弁逆流が軽度以下、あるいは軽度以上中等度以下で心不全の既往がなく心機能が良好な症例は冠動脈バイパス術のみを行う。軽度以上中等度以下でも心不全の既往があったり、低心機能の症例、また中等度から高度の症例では僧帽弁の手術を行う。そのような症例では術前の遅延造影MRIにて心筋バイアビリティー評価を行い、高信号領域がある程度広い範囲に認められる症例では、その部分の左室形成(ELIET, 168頁参照)を行う。その場合はリングによる弁輪縫縮に乳頭筋吊り上げを加え、側壁に左室形成を行う場合は、両側乳頭筋の基部が寄せられることになる。

左室形成の適応がない場合は、僧帽弁のtetheringが強い場合(coaptation depthで5 mm以上)はリングによる弁輪縫縮とともに乳頭筋の吊り上げを行い、tetheringが強くない場合はリングによる弁輪縫縮術のみを行う。リングは全周性のセミリジッドリングを用いている。

図4 虚血性僧帽弁閉鎖不全の治療方針



CABG(coronary artery bypass grafting)：冠動脈バイパス手術
 CHF(congestive heart failure)：うっ血性心不全
 ELIET(endocardial linear infarct exclusion technique)
 LVR(left ventricle restoration)：左室形成術
 MR(mitral regurgitation)：僧帽弁逆流
 PPM(posterior papillary muscle)：後乳頭筋

●—文献—●

- 1) Braun J, van de Veire NR, Klautz RJM, et al : Restrictive mitral annuloplasty cures ischemic mitral regurgitation and heart failure. *Ann Thorac Surg* 85: 430-437, 2008.
- 2) De Bonis M, Lapenna E, Verzini A, et al : Recurrence of mitral regurgitation parallels the absence of left ventricular reverse remodeling after mitral repair in advanced dilated cardiomyopathy. *Ann Thorac Surg* 85: 932-939, 2008.
- 3) Matsunaga A, Tahta SA, Duran CM : Failure of reduction annuloplasty for functional ischemic mitral regurgitation. *J Heart Valve Dis* 13: 390-398, 2004.
- 4) Kuwahara E, Otsuji Y, Iguro Y, et al : Mechanism of recurrent/persistent ischemic/functional mitral regurgitation in the chronic phase after surgical annuloplasty: importance of augmented posterior leaflet tethering. *Circulation* 114: I-529-534, 2006.
- 5) Calafiore AM, Gallina S, Di Mauro M, et al : Mitral valve procedure in dilated cardiomyopathy: repair or replacement? *Ann Thorac Surg* 71: 1146-1153, 2001.
- 6) Magne J, Pibarot P, Dagenais F, et al : Preoperative posterior leaflet angle accurately predicts outcome after restrictive mitral valve annuloplasty for ischemic mitral regurgitation. *Circulation* 115: 782-791, 2007.
- 7) Kongsarepong V, Shiota M, Gillinov AM, et al : Echocardiographic predictors of successful versus unsuccessful mitral valve repair in ischemic mitral regurgitation. *Am J Cardiol* 98: 504-508, 2006.
- 8) Dobre M, Koul B, Rojer A : Anatomic and physiologic correction of the restricted posterior mitral leaflet motion in chronic ischemic mitral regurgitation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 120: 409-411, 2000.
- 9) Kincaid EH, Riley RD, Hines MH, et al : Anterior leaflet augmentation for ischemic mitral regurgitation. *Ann Thorac Surg* 78: 564-568, 2004.
- 10) Messas E, Guerrero JL, Handschumacher MD, et al : Chordal cutting: a new therapeutic approach for ischemic mitral regurgitation. *Circulation* 104: 1958-1963, 2001.
- 11) Borger MA, Murphy PM, Alam A, et al : Initial results of the chordal-cutting operation for ischemic mitral regurgitation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 133: 1483-1492, 2007.
- 12) Masuyama S, Marui A, Shimamoto T, et al : Chordal translocation for ischemic mitral regurgitation may ameliorate tethering of the posterior and anterior mitral leaflets. *J Thorac Cardiovasc Surg* 136: 868-875, 2008.
- 13) Hvass U, Tapia M, Baron F, et al : Papillary muscle sling: a new functional approach to mitral repair in patients with ischemic left ventricular dysfunction and functional mitral regurgitation. *Ann Thorac Surg* 75: 809-811, 2003.
- 14) Matsui Y, Suto Y, Shimura S, et al : Impact of papillary muscle approximation on the adequacy of mitral coaptation in functional mitral regurgitation due to dilated cardiomyopathy. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 11: 164-171, 2005.
- 15) Kron IL, Green GR, Cope JT : Surgical relocation of the posterior papillary muscle in chronic ischemic mitral regurgitation. *Ann Thorac Surg* 74: 600-601, 2002.
- 16) Otsuji Y, Handschumacher MD, Liel-Cohen N, et al : Mechanism of ischemic mitral regurgitation with segmental left ventricular dysfunction: three-dimensional echocardiographic studies in models of acute and chronic progressive regurgitation. *J Am Coll Cardiol* 37: 641-648, 2001.
- 17) Langer F, Schaeffers HJ : RING plus STRING: papillary muscle repositioning as an adjunctive repair technique for ischemic mitral regurgitation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 133: 247-249, 2007.

