閉塞性肥大型心筋症（HOCM）に対する広範左室心筋切除術

道 井 洋 吏* 古 堅 あ ず さ** 光 島 隆 二*
角 野 聡* 光 部 啓 次 郎* 橋 本 誠*

[背景] 欧米において、肥大型心筋症（HOCM）に対する非薬物治療は外科的心筋切除術が第一選択とされているが、本邦における施行例は限られているのが現状である。われわれは十分な薬物治療にても制御不能な HOCM に対し、非薬物治療として広範左室心筋切除を第一選択としており、術直後から術後中期における評価とともに治療成績を報告する。[対象と方法] 2012 年 5 月から 2014 年 9 月までの間に、当院において有症状かつ左室内最大圧較差 50 mmHg 以上を呈し、併施術を伴わず広範左室心筋切除術を施行した薬物抵抗性 HOCM 症例 9 例を対象とした。術前後の臨床症状および心エコー所見の変化、手術所見、心筋病理所見について比較検討した。[結果] 全例で経大動脈弁的に左室心筋切除を施行した。いずれも合併症なく広範左室心筋切除術施行が可能であった。術後、安静時左室内圧較差は 10 mmHg 以下に制御され、全例で SAM は消失し MR は I 度以下に改善を認めた。術後中期に施行した低容量ドブタミン負荷心エコー検査においても圧較差制御は良好に維持されていた。[結語] われわれの方法による経大動脈弁の広範左室心筋切除術は、SAM, MR, 左室流出路狭窄を安全かつ良好に制御することが可能であった。日心外会誌 45 巻 1 号: 1-7 (2016)

キーワード: 閉塞性肥大型心筋症; 心筋切除術; 左室流出路; 僧帽弁前方運動; 異常筋束

Extensive Left Ventricular Myectomy Surgery for Hypertrophic Obstructive Cardiomyopathy
Hirosato Doi*, Azusa Furugen**, Ryuji Koshima*, Satoshi Sumino*, Keijiro Mitsube* and Makoto Hashimoto* (Department of Cardiovascular Surgery* and Department of Cardiology**, Sapporo Cardiovascular Clinic, Sapporo, Japan)

[Background] Surgical septal myectomy is the gold-standard therapy for hypertrophic obstructive cardiomyopathy (HOCM) in Europe and America. However, few cases underwent surgical septal myectomy in Japan. We have performed the surgical transaortic extended left ventricular myectomy (LV myectomy) as a first choice in HOCM patients unresponsive to pharmacologic therapy. We report the short and medium term clinical outcomes. **Methods**: From May 2012 to September 2014, 9 patients underwent extended LV myectomy without other accompanying procedures. All cases were symptomatic and peak left ventricular outflow tract pressure gradients (LVOTG) were 50 mmHg or more. We assessed clinical and echocardiographic outcomes at the short and medium term, intra-operative findings and cardiomyocyte pathological findings. **Results**: All patients (mean age 64.3 years, 56% female) underwent transaortic LV myectomy with no obvious complications. Postoperative LVOTG were controlled within 10 mmHg or less. SAM disappeared completely in all patients and MR decreased to mild or less. LVOTG sustained good control of 10 mmHg or less under low-dose dobutamine stress echocardiography at the medium term. **Conclusion**: Our transaortic extended LV myectomy procedure is effective in decreasing LVOTG, SAM and MR with low operative morbidity and mortality. Jpn. J. Cardiovasc. Surg. 45: 1-7 (2016)

Keywords: hypertrophic obstructive cardiomyopathy (HOCM); myectomy; left ventricular outflow tract (LVOT); mitral SAM; abnormal muscle bundle

はじめに

肥大型心筋症の約 25% が閉塞性肥大型心筋症（HOCM）

を呈することが知られており、左室流出路狭窄を示すタイプが最も多い。左室流出路狭窄は、心不全死および脳塞栓の高度な独立した予後予測危険因子¹⁾である。薬物治療抵

2015 年 5 月 11 日, 2015 年 8 月 21 日採用
Corresponding author: Hirosato Doi
Department of Cardiovascular Surgery, Sapporo Cardiovascular Clinic, Sapporo, Japan
E-mail: doi@scvc.jp

*札幌心臓血管クリニック心臓血管外科 **同 循環器内科
〒007-0849 札幌市東区北 49 条東 16 丁目 8-1

本研究において一切の利益相反や研究資金の提供はない。
None of the authors of this manuscript has any financial or personal relationship with other people or organizations that could inappropriately influence their work.

抗性の左室流出路狭窄に対する非薬物治療として、外科的心筋切除術およびその代替治療として経皮的中隔心筋焼灼術が行われているが、圧較差軽減効果維持および心不全イベント回避においては外科的心筋切除術が良好²⁻⁷⁾である。

欧米において、HOCM に対する非薬物治療は外科的心筋切除術が第一選択とされている⁷⁾。一方、わが国における非薬物治療として経皮的中隔心筋焼灼術 (PTSMA) は日本循環器学会 循環器疾患診療実態調査 (2014 年度実施・公表) 調査結果報告書によると、2013 年は 358 例に施行されているが、外科的左室心筋切除術施行例は少ない。2012 年の胸部外科学会手術統計⁸⁾によると、左室心筋切除術は 133 例、左室心筋切開術は 6 例に対し行われているが、そのうち大動脈弁置換術 (AVR) 併施 68 例、僧帽弁置換術 (MVR) 併施 21 例、僧帽弁形成術 (MVP) 併施 15 例などであったことを鑑みると、純粋に HOCM に対する治療だけを目的として手術計画された左室心筋切除術はきわめて少ないといわざるを得ない。

われわれは、十分な薬物治療にても制御不能な HOCM に対し、非薬物治療として広範左室心筋切除を第一選択として施行しており、術直後から術後中期における評価とともに治療成績を報告する。

方 法

2012 年 5 月から 2014 年 9 月までの間に、当院において広範左室心筋切除術を施行した HOCM 症例は 14 例であった。そのうち腱索延長・断裂による僧帽弁逸脱合併症例の 5 例を除外し、有症状であり心エコー検査において最大左室内圧較差 50 mmHg 以上を呈した薬剤抵抗性の純粋な HOCM (pure HOCM) 9 例を今回の検討対象とした。なお同時期に、大動脈弁狭窄症 (AS) に伴った左室流出路心筋肥厚に対する流出路心筋切除を AVR 施行時に 31 例併施しているが、明らかな僧帽弁前尖収縮期前方運動 (SAM) および HOCM 形態を呈しているものではないため今回の検討からは除外した。

術前・術後中期の臨床症状、不整脈イベント有無および経胸壁心エコー所見、手術所見、切除心筋サイズ、心筋病理所見について比較検討した。心臓 MRI (CMR) 施行可能であった症例では、経胸壁心エコー所見と左室形態評価を対比した。

1. 経胸壁心エコー検査

Philips 社 iE33 または GE 社 E9 を用いて、術前・術後の下記項目について評価した；左室形態 (左室径、壁厚、収縮期最小 LVOT 径)、SAM の有無、僧帽弁閉鎖不全重症度、左室内異常筋束の有無。

これらエコー所見に基づき最大左室心筋壁肥厚部位および壁肥厚領域の範囲を同定し、心筋切除範囲および切開深

度を確定した (最終的には術中経食道心エコー所見も参考とした)。

また、術前安静時における最大左室内圧較差 50 mmHg 未満の症例においては、低容量ドブタミン負荷心エコー (DSE) を行い、有意な左室内圧較差出現とともに主訴にある臨床症状と同等症状が出現することを確認した。DSE は 3 分ごとに 5 γ 、10 γ 、20 γ と漸増し、それぞれ血圧、心拍数、左室内最大圧較差、SAM および MR の変化を評価した。術後にも残存圧較差有無確認を目的とし、同様に DSE を施行した。

2. 手術方法

流出路狭窄、SAM、MR の解除はすべて経大動脈弁の広範左室心筋切除で行った。麻酔導入後、全例経食道エコーを用いて左室流出路形態、左室心筋壁厚を計測し、術前に測定した経胸壁心エコー検査時の測定値もふまえ総合的に評価し、それに基づき心筋切除範囲および切開深度を決定した。

大動脈遮断、上行大動脈からの心筋保護・心停止後、大動脈基部斜切開を通常 AVR 施行時より無冠尖方向、肺動脈方向とともに数 mm 延長し、大動脈をほぼ 2/3 周にわたり切開した。10 mm 幅の硬性自在鉤 (最近では MICS 用展開鉤を使用) 2 本を左室流出路に挿入した。まず大動脈弁直下の流出路心筋を切除した。右冠尖 nadir の部分と左右冠尖交連部の 2~3 mm 左冠尖寄りの部分とから左室外側の前乳頭筋方向に向け 2 本の切開線を引き、切開線の間を切除範囲とした。切開深度は最大突出部の左室成分心筋厚の 2/3 を目標にした。

切開に用いるメスは、#11 尖刃の先端部分を折り取り、特大ヘガール持針器で把持し、事前の計測に基づき決めた長さの刃先を作製した。このメスを、これも事前の計測に基づき大動脈弁輪から 3~4 cm 奥まで左室内に挿入し、弁輪下数 mm 手前までの流出路心筋を一動作で切開した。

2 本の切開線の間を尖刃で剥離するように切除を進め、流出路心筋を一塊で除去した (Fig. 1A)。次に、左室中部から前乳頭筋周りの心筋切除に移る。十分な流出路心筋切除ができると、しだいに左室内腔が展開されてくるが、左室内腔を狭小化している肥厚心筋は左室中部辺りでは肥大化した肉柱様の構造が密集していることも多く、鉗子が筋束の裏側に通ることを確認しながら暫時切除を進めた。最終的に左室内腔が広がり、乳頭筋周りの可動性が十分確認できるまで切除を追加した。また僧帽弁前交連や前尖に付着する異常腱索や筋束があればこれも可及的に切除した (Fig. 1B, C)。最後に左室内腔を十分に洗浄し、手技を終了した。

Fig. 1 Intraoperative findings

(A) Hypertrophic IVS was partially resected. (B) Abnormal muscles located around anterior papillary muscles. (C) The abnormal muscle bundles.

Table 1 Baseline echocardiographic characteristics of patients

Case No.	Age	F/M	LV Dd/Ds (mm)	IVS/PWT (mm)	Basal IVS (mm)	Sys-LVOT (mm)	LVOTG (mmHg)	MR	SAM	LV apical-basal muscle bundle
1	77	F	43/26	17/13	20	9	57	trivial	+	+
2	47	M	43/28	20/12	18	9	129	II	+	?
3	62	M	36/23	25/11	18	15	13 (DSE196)	I	+	—
4	85	F	42/27	16/12	16	9	64	II	+	+
5	73	F	41/25	16/11	15	10	100	II	+	+
6	73	F	49/31	17/13	19	11	63	II	+	+
7	62	F	44/26	16/13	16	13	57	II	+	+
8	52	M	41/32	21/14	16	17	67	I	+	+
9	48	M	41/23	24/13	23	10	23 (DSE 54)	I	— (DSE+)	—

結 果

検討対象とした9例において周術期死亡なく、重篤な合併症も認めなかった。当院ではHOCMに対する治療戦略は、欧米の治療方針と同じく手術可能な症例であれば外科的心筋切除術を第一選択としており、同期間にPTSMAを行った症例はなかった。また、今回検討対象症例には他院でのPTSMA施行既往歴はなく、全例初回治療症例であっ

た。患者背景をTable 1, 2に示す。男性4例、女性5例、年齢は平均64.3歳(47～85歳)であった。いずれも労作時息切れ、または胸部圧迫感を主訴とする有症状症例であり、Case No. 3および8では意識消失の既往があった。Case No. 3および9以外は安静時左室内最大圧較差(LVOTG) 50 mmHg以上を呈していた。Case No. 3と9においては経胸壁心エコー検査時、安静下では著明な圧較差を認めなかったが、形態的にHOCMを疑いDSEを施

Fig. 2

(A) Transthoracic echocardiogram shows LV abnormal muscle bundles (white arrow). Right side panels show long-axis cardiovascular magnetic resonance (CMR) imaging view before (B) and after (C) extensive LV myectomy.

Fig. 3

(A) Pulse Doppler wave form shows peak flow velocity and max PG at LVOT before (left) and after (right) extensive LV myectomy. (B) Result of provocation with DSE at medium term. LVOT gradient were sustained good control at rest and under DSE at medium term.

行した。いずれもドブタミン 5γ 負荷の時点で Case No. 3 では 196 mmHg, No. 9 では 54 mmHg と有意な圧較差を生じ、臨床症状と合致する胸部圧迫感の出現を認めた。

術前 3 例に Holter 心電図上、比較的短時間の非持続性

心室頻拍 (NSVT) を認めているが、術後はとらえられていない。また 3 例において術前から I 度房室ブロックを認めたが、術後房室ブロックの進行はなく、ペースメーカー植込みを要した症例もなかった。

Table 2 Clinical characteristics of patients baseline and after surgery

Case No.	Pre myectomy						Post myectomy					
	NYHA	Syncope	NSVT	af	DDD-PM or ICD	A-V block	NYHA	Syncope	NSVT	af	DDD-PM or ICD	A-V block
1	IIm	—	—	—	—	—	I	—	—	—	—	—
2	IIm	—	—	—	—	+	I	—	—	—	—	+
3	IIm	+	+	—	—	—	I	—	—	—	—	—
4	IIm	—	—	—	—	—	I	—	—	+	—	—
5	IIs	—	—	—	—	—	I	—	—	—	—	—
6	IIm	—	—	—	—	+	I	—	—	—	—	+
7	IIm	—	+	—	—	—	I	—	—	—	—	—
8	IIm	+	+	+	—	—	I	—	—	—	—	—
9	IIs	—	—	—	—	+	I	—	—	—	—	+

Table 3 Echocardiographic characteristics and pathological findings after surgery of patients

Case No.	LVOTG (mmHg)		MR		SAM		Myectomy size (W*D*H) (mm)	Pathological findings of myofiber		
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post		Disarray	Hypertrophy	Nuclear enlargement
1	57	5.4	trivial	trivial	+	—	12*25*10	++	+	+
2	129	4.0	II	trivial	+	—	15*36*11	+/-	—	—
3	13 (DSE196)	5.2	I	trivial	+	—	20*30*12	+	+++	++
4	64	4.0	II	I	+	—	15*25*7	+	++	+
5	100	8.0	II	trivial	+	—	13*30*10	+	++	++
6	63	8.0	II	trivial	+	—	20*25*12	+	+	++
7	57	12	II	I	+	—	15*29*7	+	+	+++
8	67	7.7	I	I	+	—	20*30*11	+	++	++
9	23 (DSE 54)	6.5	I	I	— (DSE+)	—	15*35*8	++	+	++

全例洞調律であったが Case No. 4 で術後一過性に心房細動の発生を認めた。

左室形態は、いずれも中隔から側壁にかけて壁肥厚を強く認め、後壁は他領域よりも比較的軽度である Maron type 3 の形態であり、Case No. 7 以外は非対称性中隔肥大 (ASH) を呈していた。収縮期左室流出路 (sys-LVOT) は非常に小さく、多くは 13 mm 以下であった。全例とも SAM を伴い、うち 5 例で II 度の MR を生じていた。6 例において、左室心尖部付近から起始し心室中隔基部～中部へ付着点を有する異常筋束を術前に検出可能であった (Fig. 2A)。CMR 施行可能であった 3 例において、同様に異常筋束の存在を認めた。

人工心肺時間平均 92 分 (76～147 分)、大動脈遮断時間平均 56 分 (37～95 分) であった。追加切除および追加手技を要した症例はなく、手術時間は平均 179 分 (145～235 分) であった。切除心筋サイズは術前計測の壁肥厚範囲および深度に基づき計画し、良好に切除可能であった。病理

組織学的診断は 8 例において錯綜構造、心筋線維の肥大、細胞核の肥大を呈していた (Table 3)。

術後、すべての症例で左室流出路圧較差は 10 mmHg 以下に制御され、SAM は消失し MR も mild 以下に改善した (Table 3)。6 例 (Case No. 1, 2, 4, 5, 8, 9) で術後中期 (6～9 カ月後) に DSE を施行した。いずれの症例も術後中期においても、負荷前安静時の圧較差はすべて 10 mmHg 以下を維持しており、ドブタミン 20 γ 負荷でも左室流出路圧較差は 5.8～25.3 mmHg にとどまり、全例負荷エコー時の最大圧較差は有意とされる 30 mmHg 以下であった。

実例として Case No. 8 を Fig. 3 に示す。Myectomy 施行前の LVOT 最大圧較差は 67 mmHg であったが、術直後には 7.7 mmHg へ改善を認めた (Fig. 3A)。臨床経過も安定しており、術前の主訴であった安静時にも自覚していた胸部圧迫感は完全に消失していた。6 カ月後に施行した DSE にて、最大 20 γ 負荷をかけても 19 mmHg までの増加にと

どまり (Fig. 3B), この際にもいっさいの自覚症状の出現を認めず術後中期においても良好なコントロールを維持していることが確認された。

考 察

古くから HOCM に対する外科手術が行われているが、すべてが病態生理を理解した手術であるとはいえないのが現状である。HOCM の病態解釈と治療における歴史の変遷は Kawazoe⁹⁾ が下記のように述べている。

1) HOCM (以前は特発性肥厚性大動脈弁下狭窄として知られていた Idiopathic Hypertrophic Subaortic Stenosis: IHSS を含む) における左室流出路狭窄に対する病態生理学的理解は、1960 年代前半は中隔心筋の肥厚性突出による左室流出路の機械的閉塞が主要因と考えられており、その外科的手術の目的は中隔心筋の切除によって解剖学的に左室流出路を拡大することであった。

2) 一方、左室流出路狭窄において肥厚した中隔心筋が constrictor band として機能・関与している可能性が Wiggle ら¹⁰⁾ によって示唆され、simple な longitudinal incision のみでも流出路狭窄の解除に有効であることが示された。

3) Reis ら¹¹⁾ は、左室造影の解析に基づき、左室心筋の切除・切開によって後側壁に起始する僧帽弁前乳頭筋が肥厚した中隔心筋から解放され、収縮期における乳頭筋のひきつれが阻止されて SAM の発生が抑えられているとした。その結果、僧帽弁が正常位に復するため左室流出路狭窄と MR が改善されることとなる。

4) この後、心エコーによる解析が進歩し、HOCM における左室流出路狭窄は SAM がその本体であることが明らかにされ、手術方法も SAM の制御により流出路狭窄の解除と MR の改善を目的にするものへと変遷していった、というものである。

これらの考えに基づき、Kawazoe ら¹²⁾ は流出路心筋を前乳頭筋方向に向かって切開を加えることによって SAM を制御する方法を発表し有効性が示されている。非常に理にかなった方法であるが、一方で切開の程度、乳頭筋周りの処理は用指的に行っており、術者の指先感覚だけが指標となり再現性に難点があり不確定性の残る手技であることは否めない。一方、HOCM に対する Myectomy 法として広く知られる Morrow の手技¹³⁾ は流出路の機械的拡大そのものを目的としており、切除方向も心尖部方向に向けている。しかしわれわれは、この手法のみでは SAM の制御に対しては不十分と考え、前述の Kawazoe らのコンセプトをふまえた手技として、現在の手術方法を確立した。

われわれは SAM の制御を確実にを行うため、すべての操作を直視下の Myectomy で行うようにしてきた (Fig. 1A)。流出路心筋切除は Morrow の手技に類似するが、前

述のようにわれわれの意図とは異なる手技と考えているが、機械的に流出路心筋を切除することによりその後の左室内操作が容易になっていることも確かである。また mid-ventricular obstruction (MVO) をきたしている症例にも、この経大動脈弁的心筋切除で対応可能である。

Gruner ら¹⁴⁾ は CMR の解析において、左室変形の原因となる左室心尖部から基部中隔へ走行する筋束 (left ventricular apical-basal muscle bundle) が HCM 患者の 63% で認められたと報告している。Control 群では 10% にのみ認められるが、HCM phenotype (−) genotype (+) の患者家族を対象としても、実に 60% で同様に left ventricular apical-basal muscle bundle が認められたとし、それらに MYBPC 3 と MYH 7 が最も共通して認められた遺伝子であったとしている。Apical-basal muscle bundle の存在は LVOTO の有無と必ずしも関係はなかったが、follow up 中に myectomy 施行へ至った患者の 2/3 で apical-basal muscle bundle が認められ、全例この筋束切除を施行したと報告している。われわれの症例においても、Gruner らのいう apical-basal muscle bundle と一致する筋束を 9 例中 6 例に認めた (Table 1, Fig. 2)。乳頭筋の displacement をきたす異常筋束の病態スペクトラムの一典型が apical-basal muscle bundle だといえる。心エコー検査による検出のみならず CMR にても描出可能であり、術後評価に施行している CMR でもこの筋束が心室中隔から離断されフリーになっていることが良好に描出されている (Fig. 2B, C)。われわれの症例において、典型的な apical-basal muscle bundle と合致しない他の 3 例も含め、全例前乳頭筋周りの肥厚心筋、筋束切除を行い流出路狭窄の解除が可能であった。また同時に SAM も制御できており、左室流出路狭窄における SAM の関与、apical-basal muscle bundle を含む余剰筋束、乳頭筋周り肥厚心筋の機能的関与を支持する結果であったと考えている。

ただし、この経大動脈弁アプローチでもおそらく大動脈弁輪から約 5 cm 程度までが対応可能範囲であり、心尖部心筋肥厚をきたしているような症例では別の手技が必要かもしれない。

これまでに、SAM の制御法として僧帽弁前尖を自己心膜で patch augmentation する方法なども報告¹⁵⁾ されているが、正常弁尖構造を変えることに対する危惧、遠隔期の状態などに疑問が残る。われわれが行っている経大動脈弁の広範左室心筋切除術は、SAM および MR、そして左室流出路狭窄の根本原因となっている乳頭筋の displacement を是正することにより、安全かつ安定的に左室流出路狭窄を解除できる解剖学的、機能的根治術と考えられた。

結 語

Pure HOCM 9 例に対し経大動脈弁的広範左室心筋切除術を行い、全例術直後および術後中期においても左室流出路狭窄、SAM を良好に制御することが可能であった。われわれの術式は、安全かつ安定的に左室流出路狭窄を解除できる根治的手技と考えられた。

文 献

- 1) Maron, M.S., Olivetto, I., Betocchi, S. et al. : Effect of left ventricular outflow tract obstruction on clinical outcome in hypertrophic cardiomyopathy. *N. Engl. J. Med.* **348** : 295-303, 2003.
- 2) Smedira, N.G., Lytle, B.W., Lever, H.M. et al. : Current effectiveness and risks of isolated septal myectomy for hypertrophic obstructive cardiomyopathy. *Ann. Thorac. Surg.* **85** : 127-133, 2008.
- 3) Maron, B.J., Yacoub, M. and Dearani, J.A. : Benefits of surgery in obstructive hypertrophic cardiomyopathy : bring septal myectomy back for European patients. *Eur. Heart J.* **32** : 1055-1058, 2011.
- 4) Maron, B.J., Maron, M.S., Semsarian, C. et al. : Genetics of hypertrophic cardiomyopathy after 20 years : clinical perspectives. *J. Am. Coll. Cardiol.* **60** : 705-717, 2012.
- 5) Sorajja, P., Valeti, U., Nishimura, R.A. et al. : Outcome of alcohol septal ablation for obstructive hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation* **118** : 131-139, 2008.
- 6) Hernandez, J.M., Masotti, C.M., Lerena, S.P. et al. : Effectiveness and safety beyond 10 years of percutaneous transluminal septal ablation in hypertrophic obstructive cardiomyopathy. *Rev. Esp. Cardiol.* **67** : 353-358, 2014.
- 7) Agarwal, S., Tuzcu, E.M., Desai, M.Y. et al. : Updated meta-analysis of septal alcohol ablation versus myectomy for hypertrophic cardiomyopathy. *J. Am. Coll. Cardiol.* **55** : 823-834, 2010.
- 8) Masuda, M., Kuwano, H., Okumura, M. et al. : Thoracic and cardiovascular surgery in Japan during 2012 annual report by The Japanese Association for Thoracic Surgery. *Gen. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **63** : 120-122, 2015.
- 9) Kawazoe, K. : Hidaigata-heisokuseishinkinsyo-nitaisuru shinkin-sekkai-setsujogyutsu. *Shujutsu* **44** : 329-334, 1990.
- 10) Wigle, E.D., Chrysoshou, A. and Bigelow, W.G. : Results of ventriculomyotomy in muscular subaortic stenosis. *Am. J. Cardiol.* **11** : 572-586, 1963.
- 11) Reis, R.L., Bolton, M.R., King, J.F. et al. : Anterior-superior displacement of papillary muscles producing obstruction and mitral regurgitation in idiopathic hypertrophic subaortic stenosis. Operative relief by posterior-superior realignment of papillary muscles following ventricular septal myectomy. *Circulation* **50** : 181-188, 1974.
- 12) Nagata, S., Park, Y.D., Ohmori, F. et al. : Anterolateral papillary muscle motion before and after septal myotomy in hypertrophic obstructive cardiomyopathy. *J. Cardiol.* **18** : 363-372, 1988.
- 13) Morrow, A.G. : Hypertrophic subaortic stenosis. Operative methods utilized to relieve left ventricular outflow obstruction. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **76** : 423-430, 1978.
- 14) Gruner, C., Chan, R.H., Crean, A. et al. : Significance of left ventricular apical-basal muscle bundle identified by cardiovascular magnetic resonance imaging in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Eur. Heart J.* **35** : 2706-2713, 2014.
- 15) Van der Lee, C., Kofflard, M.J., van Herwerden, L.A. et al. : Sustained improvement after combined anterior mitral leaflet extension and myectomy in hypertrophic obstructive cardiomyopathy. *Circulation* **108** : 2088-2092, 2003.