

原 著

小児大動脈弁疾患に対するグルタルアルデヒド処理 自己心膜を用いた大動脈弁形成術

今井 健太^{1)*}, 藤原 慶一¹⁾, 吉澤 康祐¹⁾, 羽室 譲¹⁾,
大野 暢久¹⁾, 坂崎 尚徳²⁾, 佃 和弥^{2,3)}

¹⁾ 兵庫県立尼崎病院心臓センター心臓血管外科

²⁾ 兵庫県立尼崎病院心臓センター小児循環器内科

³⁾ 真星病院小児科

*現所属：静岡県立こども病院心臓血管外科

Aortic Valve Repair Using a Glutaraldehyde-treated Autologous Pericardial Patch in Children with Aortic Valve Disease

Kenta Imai^{1)*}, Keiichi Fujiwara¹⁾, Kosuke Yoshizawa¹⁾, Mamoru Hamuro¹⁾,
Nobuhisa Ohno¹⁾, Hisanori Sakazaki²⁾, and Kazuya Tsukuda^{2,3)}

¹⁾ Department of Cardiovascular Surgery, Hyogo Prefectural Amagasaki Hospital, Hyogo, Japan

²⁾ Pediatric Cardiology, Heart Center, Hyogo Prefectural Amagasaki Hospital, Hyogo, Japan

³⁾ Department of Pediatrics, Mahoshi Hospital, Hyogo, Japan

* Current affiliation: Department of Cardiovascular Surgery, Mt. Fuji Shizuoka Children's Hospital, Shizuoka, Japan

Objective: The purpose of this study was to evaluate the indications and surgical outcomes of aortic valve repair (AVP) using glutaraldehyde-treated autologous pericardial patch in children with aortic valve disease.

Patients and Methods: From September 2004 to December 2012, five children underwent AVP using glutaraldehyde treated autologous pericardium at our institution. The median age at surgery was 5.0 years (range: 2.6 to 11.6 years). The primary diagnoses were truncus arteriosus, ventricular septal defect, coarctation complex, complete transposition of the great arteries, and congenital aortic valve insufficiency. The criteria for this procedure included aortic insufficiency (AI), tricuspid aortic valve, cusp dysplasia limited to one or two cusps, and truncal valve insufficiency. The median follow-up time was 5.0 years (range: 2.0 to 6.6 years).

Results: There were no early or late deaths. Preoperatively, the degree of AI was severe in four patients and moderate in one patient. After AVP, AI was improved to mild in four and mild to moderate in one patient. One patient, who had undergone two previous surgeries, underwent the Ross-Konno operation 4 years and 11 months after AVP because of progression of AI and aortic valve stenosis. Except this case, the degree of AI was mild in two and moderate in two patients, and the flow velocity of the aortic valve was less than 2.5 m/s at the latest follow-up. During follow up, the diameters of the aortic annulus had grown in all patients along the normal average curve (mean diameter was 18.8 ± 4.3 mm preoperatively and 21.2 ± 2.6 mm at the latest follow up).

Conclusion: AVP using a glutaraldehyde-treated autologous pericardial patch is an effective surgical option that can postpone aortic valve replacement or Ross procedure in patients with aortic or truncal valve insufficiency. Careful follow-up is necessary, particularly in patients with multiple previous surgeries.

背景：近年、グルタルアルデヒド処理自己心膜を用いた大動脈弁形成術が注目されている。当院では2004年以降、小児大動脈疾患特に大動脈弁閉鎖不全に対して本術式を採用している。その適応、術式と中期成績について検討を行った。

2014年10月24日受付、2015年9月11日受理

別刷り請求先：〒420-8660 静岡県静岡市葵区漆山860 静岡県立こども病院心臓血管外科 今井健太

doi: 10.9794/jspccs.31.329

対象と方法：2004年9月から2013年12月までに、グルタルアルデヒド処理自己心膜を用いて大動脈弁延長／形成術を行った小児5例を対象とした。手術時年齢は2歳7ヵ月～11歳7ヵ月（中央値5歳0ヵ月）であった。原疾患は、総動脈幹、心室中隔欠損、大動脈縮窄複合、完全大血管転位、先天性大動脈弁閉鎖不全が各1例であった。本術式の適応は、3尖弁で弁の高度な変性が1～2弁に限られる大動脈弁閉鎖不全ないしは総動脈幹弁閉鎖不全とした。術後観察期間は2年0ヵ月～6年7ヵ月（中央値5年0ヵ月）であった。

結果：手術および遠隔期死亡はなかった。再手術は1例であった。先行開心術が2度ある大動脈縮窄複合の症例で、大動脈弁閉鎖不全および狭窄の進行のため術後4年11ヵ月でRoss-Konno手術を行った。心エコーで大動脈弁閉鎖不全の程度は、術前severe 4例、moderate 1例から術後早期はmild 4例、mild～moderate 1例に改善した。再手術症例を除く4例で、最終観察時点ではmild 2例、moderate 2例で、大動脈弁位での流速は2.5m/s以下であった。大動脈弁輪径は、術前 18.8 ± 4.3 mmから直近 21.2 ± 2.6 mmと、全例正常平均値曲線に沿って成長していた。

結論：小児の大動脈弁疾患に対するグルタルアルデヒド処理自己心膜を用いた大動脈弁形成術は、弁輪の成長が期待でき人工弁置換やRoss手術を行う時期を遅らせることができる有用な術式である。複数回の先行手術を有する症例では自己心膜の肥厚などを認めるため、より慎重な経過観察が必要である。

Keywords: aortic valve repair, aortic insufficiency, glutaraldehyde, autologous pericardium

はじめに

小児期の弁疾患における選択肢としての人工弁置換は、人工弁のサイズに限りがあり、たとえ弁置換を行っても成長に伴う再弁置換が必要となる。また、人工弁の選択において機械弁は出血や塞栓などの合併症¹⁻³⁾や、異種生体弁は変性や石灰化が早期に起こるなど耐久性の問題がある^{2,4)}。一方、自己肺動脈弁移植手術（Ross手術）は、移植した肺動脈弁の成長が期待でき、小児にとって有用な術式の一つである。しかし再建した右室流出路の再手術の問題に加えて、小児例で遠隔期に移植した自己肺動脈である大動脈基部拡大や大動脈弁閉鎖不全が成人より頻度が多いことが報告されている⁵⁻⁷⁾。これらに対して、自己心膜を使用した大動脈弁形成術は、1991年にDuranら⁸⁾によって報告されてから、弁置換術やRoss手術の時期を遅らせる橋渡しの術式として近年注目されている。我々は2004年以降、小児の大動脈弁疾患特に大動脈弁閉鎖不全に対し本術式を選択肢の一つとして採用した。本論文では、グルタルアルデヒド処理自己心膜による大動脈弁形成術の適応・手術成績と問題点について検討を行ったので報告する。

対 象

2004年9月から2013年12月までの間に12歳未満でグルタルアルデヒド処理自己心膜を使用して大

動脈弁形成術を行った5例（男児3例、女児2例）を対象とした（Table 1）。本術式の適応は、原則として3尖弁（Rapheで3尖弁に近い形態を含む）でかつ弁の高度な変性が1～2弁に限られる大動脈弁閉鎖不全、総動脈幹弁閉鎖不全とした。2尖弁、狭小弁輪（左室流出路狭窄）、感染性心内膜炎や全弁尖に高度変性が認められる症例は本術式の適応外としてRoss手術ないしはRoss-Konno手術を行った。手術時年齢は、2歳7ヵ月～11歳7ヵ月（中央値5歳0ヵ月）、体重は12.6～47.4（中央値14.0）kgであった。原疾患は、総動脈幹、心室中隔欠損、大動脈縮窄複合、完全大血管転位、先天性大動脈弁閉鎖不全が各1例であった。先行手術は4例に7回行い、総動脈幹修復（Rastelli手術）、心室中隔欠損閉鎖および大動脈弁損傷部直接縫合、大動脈縮窄複合二期的修復、大動脈弁下狭窄解除（Konno変法）、大動脈スイッチ手術（肺動脈絞扼術先行）であった。主病変は、大動脈弁または総動脈幹弁閉鎖不全で、病因は先天性2例（Patient 1, 5）、先行手術の続発症3例（大動脈弁損傷修復（Patient 2）、Konno変法（Patient 3）、肺動脈絞扼術（Patient 4））であった。術前の心エコー検査で、総動脈幹弁は4尖弁、他4例の大動脈弁は3尖弁で、手術前の弁輪径は13～25（中央値18）mmであった。

手 術

胸骨正中切開でアプローチし、自己心膜を採取し

Table 1 Patient characteristics

Patient No.	Primary diagnosis	Age	BW (kg)	Gender	Previous procedures (Age)	Pathology	Aortic annulus (mm)	Concomitant procedures	Follow up duration
1	Truncus Arteiosus	3y0m	13.0	M	Rastelli (1m)	AI	19	RVOTR PA plasty	6y7m
2	VSD	6y5m	23.2	M	VSD closure (1y2m) (Aortic valve Injury)	AI	18	—	6y2m
3	CoA, VSD, SAS	5y0m	12.6	F	1. CoA staged repair (0, 2m) 2. Modified Konno (1y1m)	AI	13	Pacemaker implantation	5y0m
4	TGA	11y7m	47.4	F	1. PAB (6m) 2. Jatene (1y2m)	AI	25	RVOTR	2y9m
5	Congenital AI	2y7m	14.0	M	—	AI	18	—	2y0m

AI: aortic insufficiency, CoA: coarctation of the aorta, VSD: ventricular septal defect, SAS: subaortic stenosis, TGA: transposition of the great arteries, PAB: pulmonary artery banding, RVOTR: right ventricular outflow tract reconstruction, PA: pulmonary artery.

た。自己心膜は表面の結合組織を除去し、0.625%グルタールアルデヒド溶液に浸透(3~5分)させた後、生理食塩水にてリノスした。完全体外循環、心停止下に上行大動脈を横切開し大動脈弁へアプローチした。

総動脈幹の症例1を除いて、4例とも大動脈弁は3尖弁であった。このうち3例(症例2, 3, 4)は1尖に、症例5は2尖に高度な変性を認めた。これらの弁尖は性状の良い部分を残して肥厚した部分の弁尖の部分切除、ないしは変性部分が広範な場合は縫い代(2mm程度)を残して切除した。性状が比較的良好な弁尖は肥厚部分の slicingを行った。心膜のデザインは、残した弁尖の free edgeと高さを測定しこれに合わせて縫い代2mmを追加して決定した(Fig. 1)。自己心膜をデザインよりやや長めにカットし、6-0 monofilament糸連続縫合で弁の底部から両交連に向けて縫着した。交連部は大動脈壁を長軸方向に2~3mm程度縫い上がり、針を外膜側へ抜いて結紮固定した。さらに coaptationが合うように自己心膜をトリミングし、大動脈壁への吊り上げと交連縫合を行った(Fig. 2)。

4尖弁の総動脈幹の症例1は、そのうち1尖は小さくLCCに相当する弁と癒合していた。rapheの部分をそぎ落として3尖弁化し、この弁尖を他の4例と同様に自己心膜で延長した⁹。

水試験を行い逆流がないことを確認し、大動脈壁を縫合閉鎖した。大動脈遮断解除した後、心拍動下に経食道心エコーにて大動脈弁(総動脈幹弁)を観察した。5例中4例で閉鎖不全の程度はmild以下であった。症例3はcoaptationが不足しmoderateの大動脈弁閉鎖不全を認めたため、再度大動脈遮断を行って残る2弁も延長した。各例の大動脈弁所見および大動脈

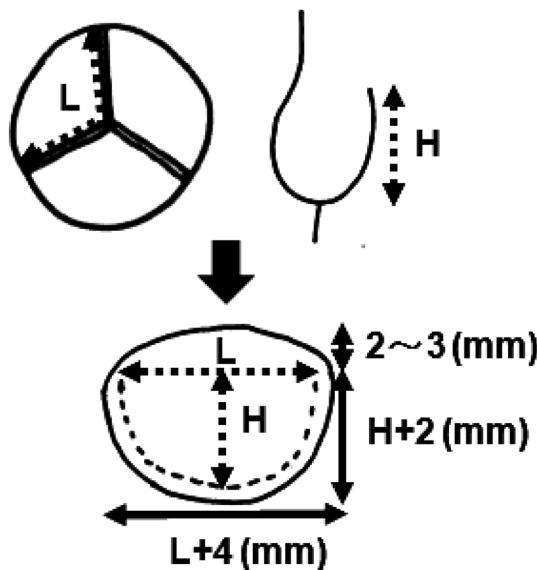


Fig. 1 Design of the autologous pericardial patch

The length of the patch was determined by the diameter of the free edge (L) of the cusp, with an additional 4 (2+2) mm length for the suture width. The height of the patch was tailored based on the height (H) of the most normal cusp by adding 2-3mm length for extending the line of coaptation and a 2mm length for suture width.

弁に対する手技をTable 2に示した。同時手術として再右室流出路再建を2例(症例1, 4)に行った。体外循環時間は174±52分、大動脈遮断時間は98±36分であった。

術後観察期間は2年0ヵ月~6年7ヵ月(中央値5年0ヵ月)であった。大動脈弁機能と大動脈弁輪について検討を行った。

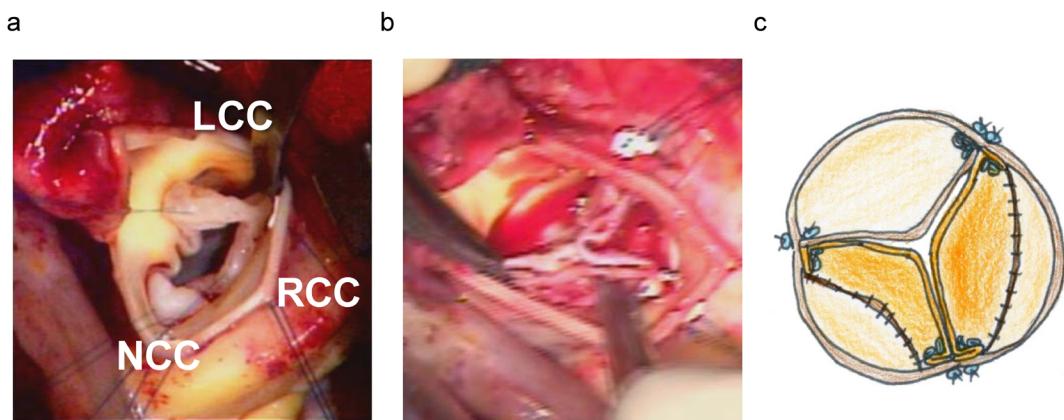


Fig. 2 Intraoperative views of pre-repair (a) and post-repair (b) and an operative schematic diagram (c) of patient 5

Right and non-coronary cusps were resected, and these two cusps were reconstructed using cusp extension techniques with glutaraldehyde-treated autologous pericardium. The left coronary cusp was sliced off. LCC: left coronary cusp, RCC: right coronary cusp, NCC: non-coronary cusp.

Table 2 Remarks on the aortic valve and operative procedures

Patient No.	Remarks of aortic valve	Pre-repair	Procedures	Post-repair
1	Cusp thickness Quartet cuspid Lack of leaflet tissue		Slicing Cusp extension Leaflet suspension Commissural plication	
2	Cusp thickness Lack of leaflet tissue (RCC)		Slicing Cusp extension Leaflet suspension Commissural plication	
3	Cusp thickness Lack of leaflet tissue (RCC)		Slicing RCC resection Cusp extension Leaflet suspension Commissural plication	
4	Cusp thickness Lack of leaflet tissue (RCC)		Slicing Cusp extension Leaflet suspension Commissural plication	
5	Cusp thickness Commissural fusion Lack of leaflet tissue (RCC, NCC)		Slicing, commisurotomy RCC resection NCC resection (Half) Cusp extension Leaflet suspension Commissural plication	

RCC: right coronary cusp, NCC: non-coronary cusp.

結 果

手術死亡、周術期合併症および遠隔期死亡はない。再手術は1例（症例3）を行った。本例は、術直後の大動脈弁閉鎖不全はmildであったが、術後1年頃より弁尖の肥厚と可動性の低下を認めるようになった。

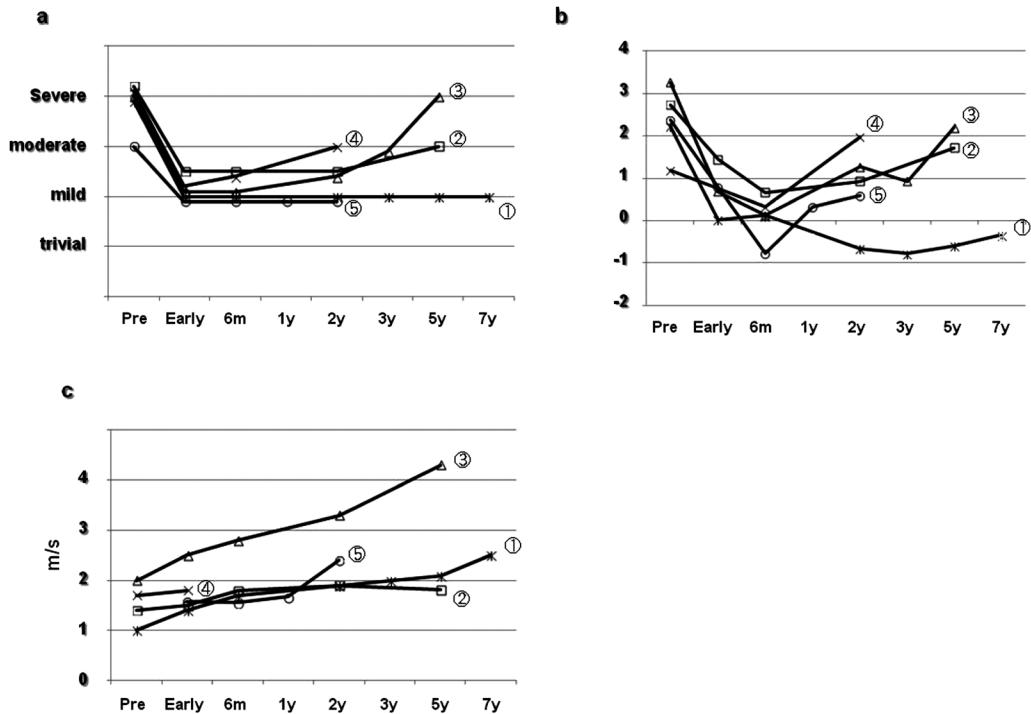


Fig. 3 Changes of echocardiographic findings

a: Aortic regurgitation, b: Left ventricular diastolic dimension (z score), c: Aortic valve flow velocity.

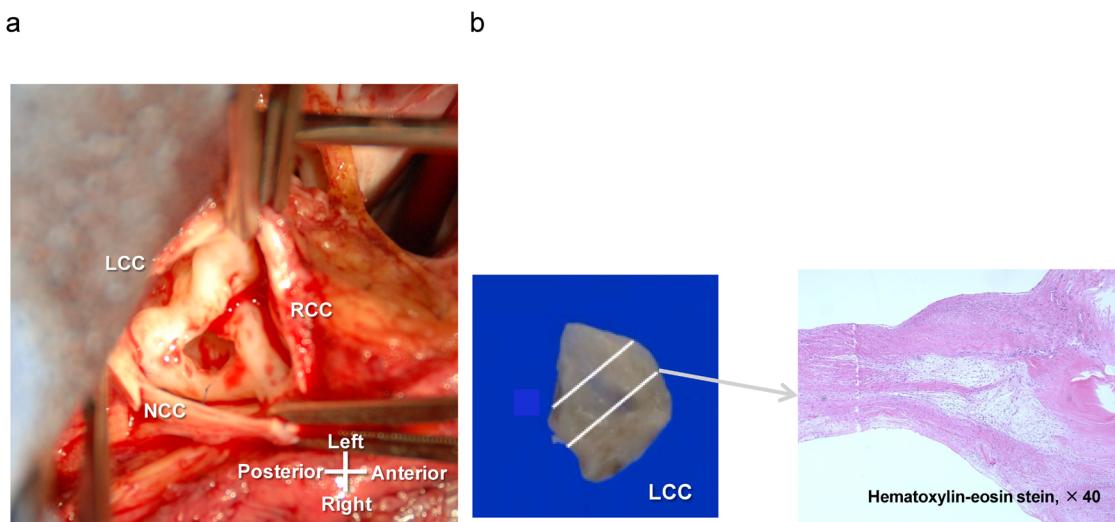


Fig. 4 Intra-operative (a) and pathological (b) photographic images of the aortic valve

These photographs were taken when patient 3 underwent reoperation. All cusps were thickened, particularly at the edge of the cusp that extended with the pericardium. LCC: left coronary cusp, RCC: right coronary cusp, NCC: non-coronary cusp.

心エコーで大動脈弁閉鎖不全および狭窄が徐々に進行し、術後4年10ヵ月で大動脈弁閉鎖不全はsevereで、大動脈弁位での流速は4.3m/sとなった（Fig. 3a, c）。心臓カテーテル検査では、LVEDVI: 135mL/m²と左室拡大を認めた。術後4年11ヵ月でRoss-Konno手術を行った。再手術時の所見では、延長した弁は3尖

とも肥厚し、各交連は癒合していた (Fig. 4a)。病理組織像では、自己心膜で作成した弁を中心とした肥厚をきたし、可動性が低下していた (Fig. 4b)。

症例 3 を除く 4 例で、心エコー検査で大動脈弁閉鎖不全の程度は、術前は severe が 3 例、moderate が 1 例であったものが、術後早期は mild が 3 例、mild～moderate が 1 例に改善し、最終観察時点（2 年 0 カ月～6 年 7 カ月）では mild が 2 例、moderate が 2 例であった (Fig. 3a)。左室拡張末期径の z score は、術前は 1.2～2.7 (中央値 2.3) から術後早期は 0.0～1.5 (中央値 0.8) に低下し、最終観察時点では -0.3～2.0 (中央値 1.2) であった (Fig. 3b)。大動脈弁位での流速は、術後早期は 1.4～1.8 (中央値 1.5) m/s で最終観察時点は 1.8～2.5 (中央値 2.2) であった (Fig. 3c)。

大動脈弁輪径の実測値と体表面積との関係の推移を、Fig. 5 に示した。大動脈弁輪径は、術前 18.8±4.3 mm から直近 21.2±2.6 mm と、いずれの症例も正常平均値曲線に沿って成長していた。

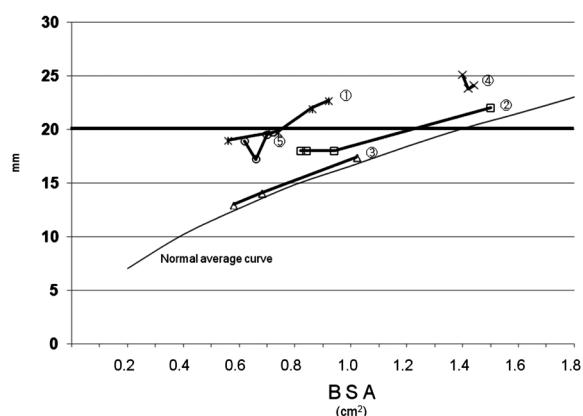


Fig. 5 Change in the diameters of the aortic annulus

The aortic annulus of all patients grew along a normal average curve.

考 察

大動脈弁疾患に対する術式として、人工弁置換術、自己肺動脈弁移植術 (Ross 手術)、大動脈弁形成術がある。大動脈弁置換術の中で、生体弁は抗凝固療法を必要としないが、小児では早期の変性や石灰化が問題となる^{2,4)}。したがって、小児では耐久性や有効弁口面積の点から機械弁を選択することが多い。しかし、機械弁は潜在的な塞栓の危険性、生涯にわたる長期間のワーファリンによる抗凝固療法を要し活動度の高い小児における出血の危険性などが危惧される¹⁻⁴⁾。Ross 手術は、抗凝固療法を必要とせず、また移植した弁の成長が期待できるとされてきた。しかし、右室流出路に対する再手術や、小児例では成人例に比較して full root 置換法を行うことが多いため、遠隔期に大動脈基部の拡大に伴う大動脈弁閉鎖不全が多いと報告されている⁵⁻⁷⁾。グルタールアルデヒド処理自己心膜を用いた弁尖延長術は、1991 年 Duran ら⁸⁾によって報告され、弁置換術や Ross 手術の時期を遅らせる術式として近年注目されている¹⁰⁻¹⁶⁾。本術式は、抗凝固療法を必要とせず、合併病変がなければ大動脈弁単弁に対する手技のみであり、手術死亡率は 0～2.2% と比較的安全な術式である (Table 3)。ただし適応は大動脈弁輪径や native の弁の性状などに考慮を要する^{13,15)}こと、遠隔期成績が一定していないことが問題となる。

自己心膜による大動脈弁尖延長ないしは形成術の適応について、諸家の報告では主病変が大動脈弁閉鎖不全である割合が高い (Table 3)。McMullan¹³⁾ や Polimenakos ら¹⁵⁾の報告では大動脈狭窄および混合病変の率が高いが、いずれの報告でも大動脈弁輪の径と弁の性状を考慮して適応を決定している。McMullan ら¹³⁾は、その適応を弁輪径が正常以上であること、すべての弁尖の可動性が保たれているこ

Table 3 Reports of aortic valve extension using glutaraldehyde-treated autologous pericardium

Author	Year of publication	No. of patients	Age (year)	Pathology			BAV (%)	Rheumatic disease (%)	Hospital mortality (%)	Follow up (year)	Freedom from valve related reoperation	GA preservation time (min)
				AI (%)	AS (%)	Mixed (%)						
Grinda JM ¹⁰⁾	2002	89	16	90	0	10	NA	100	2.2	5	90%/7y	8
Alsoufi B ¹¹⁾	2006	22	11	82	0	18	45	0	0	2	80%/3y	5
Laks H ¹²⁾	2007	54	8	93	NA	NA	53	4	1.8	3	96%/8y	9
McMullan DM ¹³⁾	2007	21	13	52	5	43	100	0	0	3	90%/3y	8
Zerda DJ ¹⁴⁾	2007	85	17	NA	NA	NA	55	0	1.1	3	NA	9
Polimenakos AC ¹⁵⁾	2010	77	7	44	26	30	31	0	0	12	56%/10y	3

AI: aortic valve insufficiency, AS: aortic stenosis, BAV: bicuspid aortic valve, GA: glutaraldehyde, NA: not available.

と、弁腹、交連部に石灰化や高度の線維化がないこと、冠動脈口が正常な位置にあることとしている。また Polimenakos ら¹⁵⁾は、大動脈弁輪の z score が -1.5 以上を適応としており、かつ術中所見で hinge point の可動性不良、複数の弁の高度な異形成、冠動脈口まで及ぶ交連部の石灰化症例は相対的非適応としている。2 尖弁に関しては、3 尖弁化することにより良好な成績が示されており¹³⁾、非適応とはならないとも考えられる。しかし、d'Udekem ら¹⁶⁾は、2 尖弁の 3 尖弁化では延長した自己心膜が冠動脈口を塞ぐことがあり注意が必要であると報告している。我々は現在のところ、主病変が大動脈弁閉鎖不全であること、大動脈弁輪径が正常以上であること、3 尖弁であること、高度な変性が 1~2 尖弁に限定されていること、それと総動脈幹弁を弁尖延長／形成術の適応としている。ただし、この適応は現時点での手術経験から暫定的に定めたものであり、今後変更していく可能性はある。適応を満たす症例は弁尖延長／形成術を第 1 選択としているが、患児の年齢、性別を考慮し、家族との話し合いのもと術式を決定している。同時期に Ross 手術を行った 4 例は、2 尖弁で大動脈弁輪径が正常以下であった大動脈狭窄が主病変の症例、3 尖弁とも肥厚と変性が高度であった大動脈弁閉鎖不全例、感染性心内膜炎で術前ショックを伴っていた乳児例、術中診断は感染性心内膜炎であったが、その後病理診断で高安大動脈炎と診断された症例¹⁷⁾であった。症例 4 の女児に関しては、弁輪径から人工弁置換は可能な症例であった。しかし、将来の妊娠出産を考慮した場合機械弁の選択はなかった。また、生体弁を選択した場合年齢的に再手術が 16~18 歳ごろとなり、さらに生体弁再手術が 25~30 歳の出産適齢期となる。本例では左冠尖と無冠尖の性状が良好に保たれており、右冠尖のみの延長で形成が可能で弁形成の質と耐久性が期待できると考えた。

大動脈弁尖延長／形成術で最も危惧されることは、大動脈弁閉鎖不全や狭窄の進行による再手術である。5 年以内の中期成績は良好である¹⁰⁻¹⁶⁾が、10 年を超える長期の報告では再手術率が高くなっている傾向がある^{15, 16)}。Polimenakos ら¹⁵⁾は、77 例に対する中央値 12.4 年の follow up で再弁形成術を 12 例 (15.3%)、弁置換術を 31 例 (39.7%) に行っており、弁置換術の回避率は 1 年で $97.3 \pm 2.0\%$ 、5 年で $71.3 \pm 5.8\%$ 、10 年で $55.6 \pm 6.9\%$ と報告している。また d'Udekem ら¹⁶⁾は、49 例の検討で再介入回避率は 7 年で $66 \pm 11\%$ であったと報告している。自験例では 5 例中 1 例が術後 4 年 11 ヶ月で大動脈弁閉鎖不全および狭窄

の進行のため Ross-Konno 手術を行った。本術式は弁置換術の回避が理想的であるが、これらの報告からわかるように中期から遠隔期には再手術の頻度が増えてくる。d'Udekem ら¹⁶⁾は、再手術は一定の割合で起こり、12~15 年で全例が再手術になるであろうと述べている。同グループの McMullan ら¹³⁾は、弁尖延長術は definitive surgery ではなく palliative surgery と位置づけ、最終目標ではなく弁置換術を先延ばしするための手術であるとしている。我々も同様の考え方であり、大動脈弁輪径は正常値曲線に沿って成長していたことから、先延ばしにすることで十分なサイズの人工弁置換が可能となる大きさまで再手術を延ばすことが期待でき、再手術を必要とした時に術式の選択の幅が広がるを考えている。

再手術の要因については、弁の変性が大きく関わっている。Polimenakos ら¹⁵⁾は、弁置換術時における摘出した弁の所見として肥厚・線維化を 58%，弁尖退縮を 44%，石灰化を 29%，交連部瘻合を 23% に認めたと報告している。自験の再手術例では、摘出した弁は 3 弁とも肥厚しており、うち 1 弁は一部に退縮を伴っていた。また交連部は 3 カ所とも瘻合していた。病理組織像では、弁腹から弁尖にかけて肥厚がみられ、延長した自己心膜部分が肥厚したものと推測された (Fig. 4b)。本例は、初回の肺動脈絞扼術を含めて 3 回の心膜切開歴がある。自験 5 例は初回例の症例 5 を除いて、3 例が再手術 (心膜切開 2 回)、症例 3 が心膜切開 3 回であった。心膜の病理所見 (Fig. 6) では、再手術例では心膜の肥厚が認められる。したがって、報告 5 例の成績は術式として一律には評価し難く、再手術の回数が増えるにつれて自己心膜の質は低下する可能性があると思われる。McMullan ら¹³⁾は、弁尖延長に使用する心膜は最も薄い部分を採取するとし、上大静脈前方の心膜が薄くて理想的であると述べている。しかしながら、先行手術回数や心膜の厚さにより弁の耐久性が異なると示した報告はなく、この点についてはさらなる検討が必要である。

術式に関しては、いくつの弁尖を延長するか、パッチの大きさなどが要点となる。Alsoufi ら¹¹⁾の報告では、延長した弁尖は 22 例中 3 例が 1 弁、3 例が 2 弁、16 例が 3 弁でうち 8 例が 2 尖弁の 3 尖弁化であった。パッチの長さは心膜の収縮を考慮して大動脈径プラス 15%，高さは最も正常に近い弁を基準とし、coaptation line を最も高い弁より 5 mm 長くするよう、また延長した弁が大動脈の中心の coaptation point に届くよう調整するとしている。d'Udekem ら¹⁶⁾の報告では、延長した弁尖は 51 例中 3 例が 1 弁、

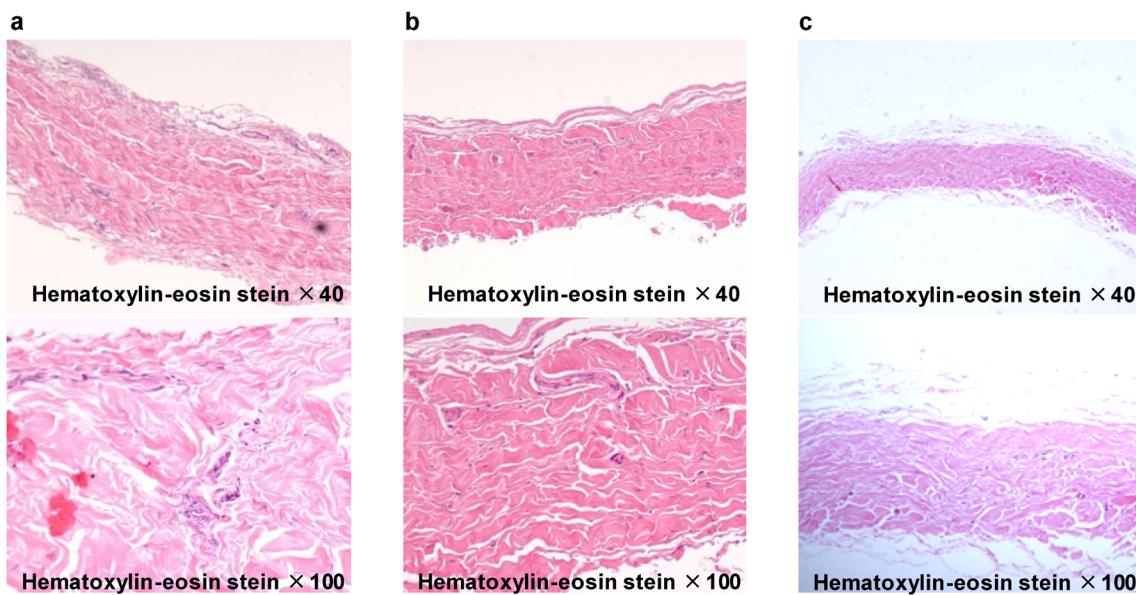


Fig. 6 Microscopic specimens of the pericardium

The pericardium of patients 2 (a) and 3 (b) was thickened (second and third pericardiotomy). Conversely, the pericardium of patient 5 (c) was thin (first pericardiotomy).

7例が2弁、41例が3弁でうち33例が二尖弁の三尖化で、3弁を延長することにより competentな弁ができるとしている¹⁸⁾。我々は5例中3例が1弁、1例が2弁、1例が3弁であった。必ずしも3弁の延長が必要とは考えておらず、最も正常に近い弁を基準としこれに coaptation が合うようにトリミングを行っている。coaptation の評価は、心停止下での弁上に生理食塩水をためて行う逆流試験と、遮断解除後心拍動下での経食道心エコーにて行っている。経食道心エコーでは、大動脈弁閉鎖不全の程度が mild 以下であること、圧較差 30mmHg を超える有意な大動脈弁狭窄がないことを基準としている。2尖弁の3尖弁化については、適応で述べた通り我々は現時点では行っていない。

自己心膜のグルタールアルデヒド処理時間は、報告により様々である(Table 3)。Polimenakos ら¹⁵⁾は、初期は10分であったが現在は3分としており、その理由はより柔軟性を増やし過度の硬化と早期の石灰化を防ぐためとしている。また、d'Udekem ら¹⁶⁾も、当初8分(2分、裏返して6分)であったが、最近は4分(2分、裏返して2分)としている。我々は固定性および耐久性を考慮し現時点では3~5分程度が妥当であると考えている。しかしながら、処理時間の違いによる弁の耐久性を比較した報告はなく、至適な処理時間については今後の検討されるべきところである。

結語

小児の大動脈弁疾患に対する、適応を限定したグルタールアルデヒド処理自己心膜を用いた大動脈弁尖延長／形成術の成績は概ね良好であった。5~10年の耐久性とその間の弁輪の成長が期待でき、弁置換術やRoss手術を遅らせることができる術式であると考えられた。複数回の先行手術を有する症例では自己心膜の肥厚を認めるため、より慎重な適応と経過観察が必要である。

引用文献

- Alexiou C, McDonald A, Langley SM, et al: Aortic valve replacement in children: Are mechanical prostheses a good option? Eur J Cardiothorac Surg 2000; **17**: 125–133
- Karamlou T, Jang K, Williams WG, et al: Outcomes and associated risk factors for aortic valve replacement in 160 children. A competing-risks analysis. Circulation 2005; **112**: 3462–3469
- Arnold R, Ley-Zaporozhan J, Ley S, et al: Outcome after mechanical aortic valve replacement in children and young adults. Ann Thorac Surg 2008; **85**: 604–610
- Turrentine MW, Ruzmetov M, Vijay P, et al: Biological versus mechanical aortic valve replacement in children. Ann Thorac Surg 2001; **71** Suppl: S356–S360
- Pasquali SK, Cohen MS, Shera D, et al: The relationship between neo-aortic root dilation, insufficiency, and re-intervention following the Ross procedure in infants, children, and young adults. J Am Coll Cardiol 2007; **49**:

- 1806–1812
- 6) Elkins RC, Thompson DM, Lane MM, et al: Ross operation: 16-year experience. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2008; **136**: 623–630
 - 7) Kirkpatrick E, Hurwitz R, Brown J: A single center's experience with the Ross procedure in pediatrics. *Pediatr Cardiol* 2008; **29**: 894–900
 - 8) Duran CMG, Kumar N, Gometza B, et al: Indications and limitations of aortic valve reconstruction. *Ann Thorac Surg* 1991; **52**: 447–454, discussion, 453–454
 - 9) Fujiwara K, Imai K, Yoshizawa K, et al: Truncal valve repair using autologous pericardial patch augmentation. *Asian Cardiovasc Thorac Ann* 2012; **21**: 352–354
 - 10) Grinda JM, Latremouille C, Berrebi A, et al: Aortic cusp extension valvuloplasty for rheumatic aortic valve disease: Midterm results. *Ann Thorac Surg* 2002; **74**: 438–443
 - 11) Alsoufi B, Karamlou T, Bradley T, et al: Short and mid-term results of aortic valve cusp extension in the treatment of children with congenital aortic valve disease. *Ann Thorac Surg* 2006; **82**: 1292–1300
 - 12) Laks H, Zerda DL, Cohen O, et al: Aortic valve sparing and restoration with autologous pericardial leaflet extension is an effective alternative in pediatric patients. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu* 2007; **10**: 89–93
 - 13) McMullan DM, Oppido G, Davies B, et al: Surgical strategy for the bicuspid aortic valve: Tricuspidization with cusp extension versus pulmonary autograft. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2007; **134**: 90–98
 - 14) Zerda DJDL, Cohen O, Fishbein MC, et al: Aortic valve-sparing repair with autologous pericardial leaflet extension has a greater early re-operation rate in congenital versus acquired valve disease. *Eur J Cardiovasc Surg* 2007; **31**: 256–260
 - 15) Polimenakos AC, Sathanandam S, ElZein C, et al: Aortic cusp extension valvuloplasty with or without tricuspidization in children and adolescents: Long-term results and freedom from aortic valve replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2010; **139**: 933–941
 - 16) d'Udekem Y, Siddiqui J, Seaman CS, et al: Long-term results of a strategy of aortic valve repair in the pediatric population. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2013; **145**: 461–469
 - 17) Fujiwara K, Hamuro M, Imai K, et al: Severe aortic valve regurgitation due to Takayasu's aortoarteritis in a child. *Ann Thorac Surg* 2013; **96**: 1072–1074
 - 18) d'Udekem Y: Aortic valve surgery in children. *Heart* 2011; **97**: 1182–1189