

【原著】

ファロー四徴症遠隔期再手術症例における肺動脈弁置換術の 右心機能への影響と中期成績

弘瀬 伸行, 松尾 浩三, 梶沢 政司, 大場 正直, 長谷川 秀臣, 平野 雅生,
浅野 宗一, 鬼頭 浩之, 林田 直樹, 村山 博和, 立野 滋, 川副 泰隆

千葉県循環器病センター 心臓血管外科

要 旨

【背景】 ファロー四徴症 (TOF) 術後遠隔期における肺動脈弁逆流は右心機能の悪化, 不整脈発生など予後を左右する重要な因子となる。今回, 成人期再手術症例のうち生体弁を用いたTOF術後遠隔期肺動脈弁置換術 (PVR) の成績を検討した。

【方法】 対象は2003年4月から2011年6月までの期間, 当院でPVRを施行した15例。PVR後follow up期間は平均 4.3 ± 2.4 年であった。術前NYHAは全例class 1であったが胸部レントゲン, 心電図, 心超音波検査所見より心臓カテーテル検査などの精査を行い手術適応を決定した。

【結果】 周術期, 観察期間中の死亡例はなかった。RVEDVIは術前 165.4 ± 51.4 ml/m²に対して術後 105.9 ± 22.4 ml/m², RVESVIも術前 91.3 ± 42.6 ml/m²に対して術後 62.7 ± 18.8 ml/m²と有意な低下が見られた ($P < 0.05$)。心電図QRS幅は術前 176.4 ± 29.6 msecに対して術後 164.9 ± 25.3 msecと有意に短縮した ($P < 0.05$)。

【結論】 TOF術後遠隔期の肺動脈弁閉鎖不全に対するPVRは安全かつ有用で右心負荷を十分に軽減させた。心不全症状の出現前, 不整脈発生の少ない段階であっても, 右心機能の低下, 右室拡大の進行した例では積極的にPVRを検討すべきである。

キーワード: pulmonary valve replacement, tetralogy of Fallot, mid-term outcome, pulmonary valve regurgitation

ファロー四徴症 (tetralogy of Fallot: TOF) 術後遠隔期における肺動脈弁逆流 (pulmonary valve regurgitation: PR), 肺動脈狭窄 (pulmonary stenosis: PS) は右心機能の悪化, 不整脈の発生などによって長期予後を規定する重要な因子となる^(7,8)。今回, 当院でのTOF遠隔期再手術症例におけるPR・PSに対する肺動脈弁置換術 (pulmonary valve replacement: PVR) の成績と右心機能への影響を検討したので報告する。

対象と方法

1999年3月から2011年6月までに当院で施行したTOF再手術症例は25例であった。PVRは17例に施行し, 弁付き心外導管再建2例をのぞく生体弁置換15例 (男12例, 女3例) を対象とした。PVR時の年齢は 33.2 ± 8.5 歳 (20~45歳), 体重は平均 63.4 ± 14.2 kg (46.4~103.6 kg) であった。追跡期間は平均 4.3 ± 2.4 年 (1年7か月~9年)。心内修復 (intracardiac repair: ICR) 時年齢は 3.1 ± 0.7 歳 (1歳11か月~4年8か月)。ICRから再手術までの期間は平均 30.2 ± 8.4 年 (17年3か月~40年4か月) であった。3例でICRに先行してBlalock - Taussig短絡手術が施行されていた。PVRを施行した15例の患者データを

Table 1に示す。PVR前の自覚症状は1例が心室頻拍 (ventricular tachycardia: VT) による失神発作, 1例が心房粗動 (atrial flutter: AFL) による動悸であった。その他13例は無症状で, 胸部レントゲン上心拡大の増加, 不整脈やQRS幅拡大などの心電図所見, 心臓超音波検査 (ultrasound cardiography: UCG) での右室拡大, 肺動脈弁逆流の増加などが入院精査のきっかけとなった。手術時NYHAは全例class 1であった。PVRの適応はUCG上中等度以上のPRを認め, ①右室拡張末期容量/体表面積 (right ventricular end-diastolic volume index: RVEDVI) ≥ 160 ml/m², ②右室駆出率 (right ventricular ejection fraction: RVEF) ≤ 45 % ③不整脈の合併, ④PS (圧較差50 mmHg以上), ⑤中等度以上の三尖弁逆流, ⑥有意な遺残短絡を伴う症例, のいずれか2つを満たすものを手術適応とした。全例中等度以上のPRを認め, その内末梢性も含めたPSの合併が4例にみられた。症例3は中等度以上のPR, PSに加えhealed IEによる肺動脈内腫瘍が適応であった。PSを来した症例はいずれも前回手術がtransannular patchによる再建例であった。

人工弁は全例Carpentier - Edwards ウシ心膜弁を使用した。人工弁は可及的に大きいサイズを選択

し、必要に応じて肺動脈弁輪 - 右室流出路を patch で拡大した。弁サイズの内訳は1例が21 mm, 6例が23 mm, 8例が25 mmであった。同時に施行した手術は末梢肺動脈形成が3例, 右室筋層切除が3例, 三尖弁形成が2例, 右室縫縮が2例であった。PVR前後 (退院時, 中期~遠隔期) において心電図, UCG, カテーテル検査にて評価を行った。UCGではPRの程度を軽症, 中等症, 重症の3段階で評価した。中期~遠隔期心臓超音波検査は術後平均 3.1 ± 1.4 年で, カテーテル検査は15例中11例で術後平均 2.3 ± 2.1 年後に行われた。

術前不整脈の合併が4例に見られVTが1例, AFLが3例であった。12例に電気生理学的検査 (Electro Physiological Study: EPS) を施行し, 9例についてはCARTOシステムによる心内電位マッピングを行った。

結果は平均値 \pm 標準偏差にて示した。統計処理は解析ソフトJMP (SAS Institute Inc.) を使用し, t検定, Kaplan - Meier法を用いた。危険率5%未満を有意差ありとした。

結果

心臓カテーテル検査による右心機能評価ではRVEDVIは術前 165.4 ± 51.4 ($133.1 \sim 277.8$) ml/

m2, 術後 105.9 ± 22.4 ($74.5 \sim 163.9$) ml/m2と有意な改善が見られた ($P < 0.05$)。右室収縮末期容量/体表面積 (right ventricular end-systolic volume index: RVESVI) においても術前 91.3 ± 42.6 ($34.7 \sim 196.7$) ml/m2, 術後 62.7 ± 18.8 ($74.5 \sim 163.9$) ml/m2と有意な減少が見られた ($P < 0.05$)。RVEFは術前 43.7 ± 7.9 ($28.3 \sim 57.1$) ml/m2, 術後 38.4 ± 5.2 ($30.6 \sim 49.1$) ml/m2と有意に低下した ($P < 0.05$)。左心機能評価ではLVEDVI (left ventricular end-diastolic volume index) は術前 120.6 ± 25.3 ($82.3 \sim 159.7$) ml/m2, 術後 104.2 ± 20.2 ($70.3 \sim 140.7$) ml/m2と有意差は認められなかったが ($P = 0.11$)。11例中10例でLVEDVIの減少が見られた。LVESVI (left ventricular end-systolic volume index), 左室駆出率 (left ventricular ejection fraction: LVEF) はPVR前後で有意差は見られなかったものの, LVEFはやや低下する傾向を認めた (Figure 1)。また右室収縮期圧/左室収縮期圧比 (right ventricular pressure/left ventricular pressure: RVp/LVp) は術前 0.36 ± 0.15 ($0.16 \sim 0.62$), 術後 0.32 ± 0.092 ($0.13 \sim 0.46$) と有意な変化は認めなかった ($P = 0.47$)。

UCGでは全例で術前中等症以上であったPRは, 退院時には軽症となり, 中期~遠隔期においても1例に中等症のPRを認めた以外は全て軽症であった。

Table 1 Patient characteristics

Pt. No.	Gender	Age at PVR (y)	Age at ICR (y)	Symptoms (Arrhythmia)	NYHA	Diagnosis	Primary repair
1	M	37	3	Syncope (VT)	1	moderate PR, VT	PV plasty
2	M	22	3	Palpitation (AFL)	1	severe PR, AFL	transannular patch
3	F	22	3	(-)	1	moderate PR, rt. PA tumor PV~lt. PA stenosis	transannular patch
4	M	36	3	(-)	1	severe PR, ASD	PV plasty
5	M	23	2	(-)	1	severe PR, lt. PA obstruction	RVOTR
6	F	35	3	(-) (AFL)	1	severe PR, bil. PA stenosis	transannular patch
7	M	40	2	(-)	1	severe PR	PV plasty
8	M	45	4	(-)	1	severe PR	PV plasty
9	F	28	3	(-)	1	severe PS, moderate PR	transannular patch
10	M	20	3	(-)	1	lt. PA stenosis, moderate PR	transannular patch
11	M	30	3	(-) (AFL)	1	subvalvular PS, severe PR, AFL, AVB	transannular patch
12	M	41	2	(-)	1	severe PR, moderate TR, PFO	PV plasty
13	M	41	2	(-)	1	severe PR	PV plasty
14	M	36	2	(-)	1	severe PR	RVOTR
15	M	43	2	(-)	1	moderate PR, PFO	PV plasty

AFL = atrial flutter; ASD = atrial septal defect; AVB = atrio ventricular block; F = female; M = male; PA = pulmonary artery; PFO = patent foramen ovale; PR = pulmonary valve regurgitation; PS = pulmonary valve stenosis; PV = pulmonary valve; RVOTR = right ventricular outflow reconstruction; VT = ventricular tachycardia

三尖弁逆流 (tricuspid regurgitation: TR) に関して術前3例に中等症以上のTRを認めたが, 退院時, 中期~遠隔期ともに軽症となっていた. 肺動脈生体弁圧較差は退院時 15.7 ± 6.8 mmHg, 中期~遠隔期 19.9 ± 11.0 mmHgと軽度であった (Figure 2).

PVR前の心電図波形は15例中13例が完全右脚ブロック, 1例が不完全右脚ブロック, 1例はペースメーキングリズムであった. QRS幅は術前 176.4 ± 29.6 (119~240) msec, 術後 164.9 ± 25.3 (124~208) msecと有意に改善した (N = 14, P < 0.05) (Figure 3).

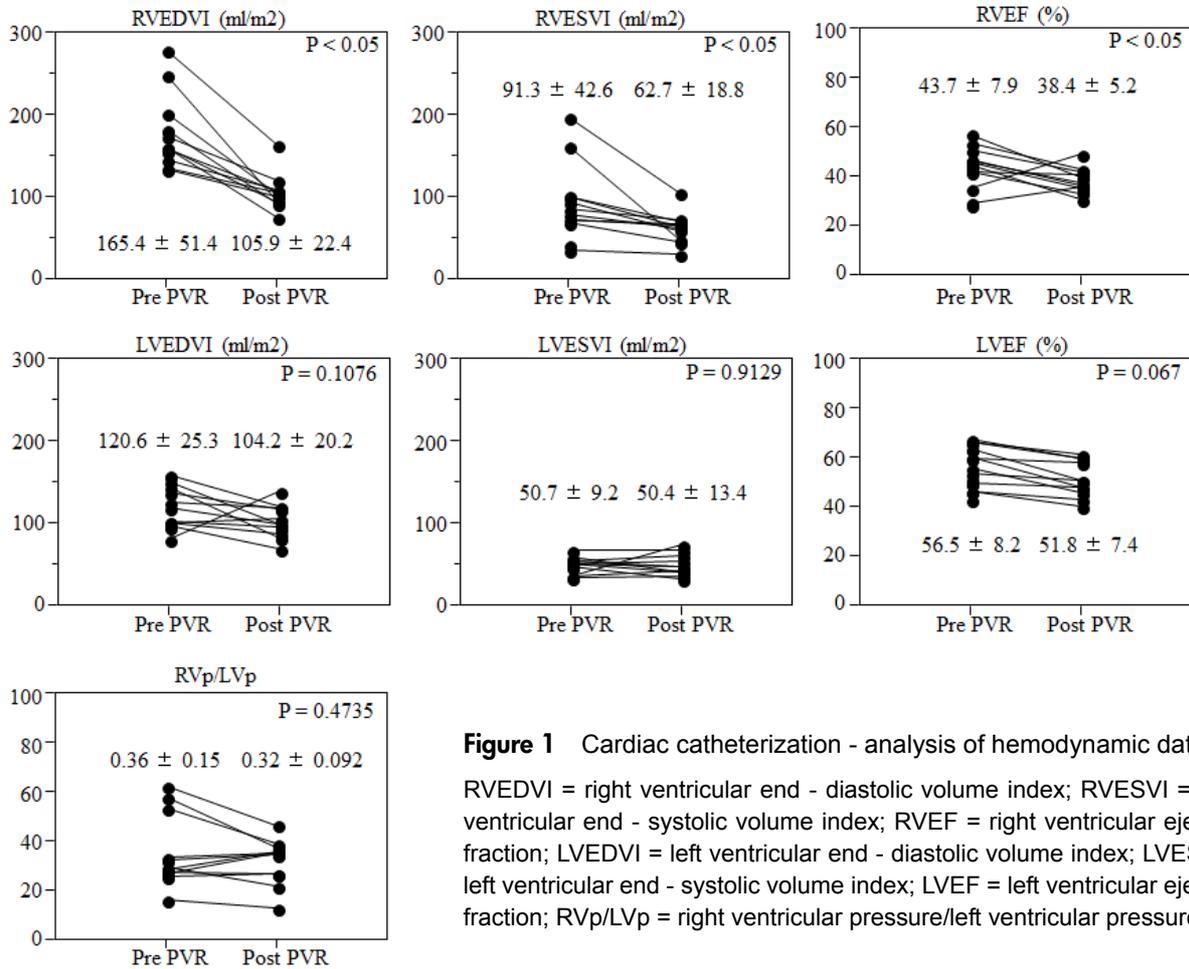


Figure 1 Cardiac catheterization - analysis of hemodynamic data

RVEDVI = right ventricular end - diastolic volume index; RVESVI = right ventricular end - systolic volume index; RVEF = right ventricular ejection fraction; LVEDVI = left ventricular end - diastolic volume index; LVESVI = left ventricular end - systolic volume index; LVEF = left ventricular ejection fraction; RVp/LVp = right ventricular pressure/left ventricular pressure

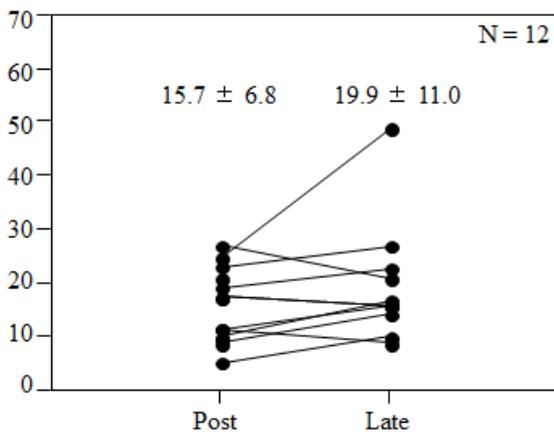


Figure 2 Prosthetic valve pressure gradient (mmHg)
Post: just after PVR, Late: late after PVR (3.1 ± 1.4 years after PVR)

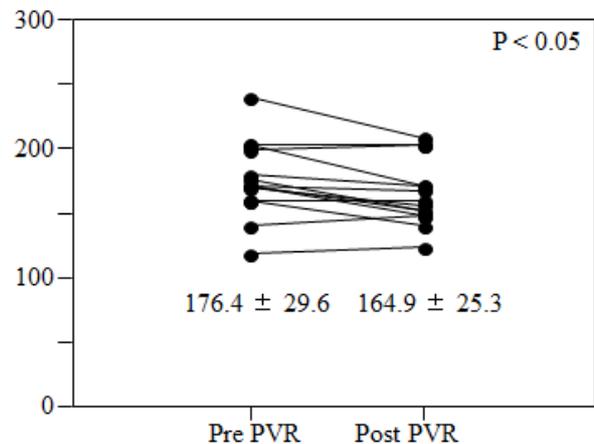


Figure 3 Changes in QRS duration (msec)

PVR術後院内死亡や観察期間内における死亡例はなかった。再手術を要する症例はなく、術後合併症として1例に術後出血・心タンポナーデを認め再開胸・止血術を要した。1例にIEで保存的治療を行い軽快した。1例は術前から2度房室ブロックを認め、術後高度房室ブロックとなったためペースメーカー植え込みを施行した。

体外循環時間は 215 ± 81.3 分、4例で大動脈遮断を行い遮断時間は 14.9 ± 28.3 分であった。6例は心室細動 (ventricular fibrillation: Vf) 下に手術を行い、Vf時間は 37.1 ± 76.7 分。7例に周術期の輸血を必要とし、輸血量は 631.7 ± 509.1 mlであった。

不整脈手術の内訳と術後経過をTable 2に示す。術前EPSを施行した12例の内9例に不整脈が誘発された。誘発例では術中冷却凝固法 (cryoablation) を行い、部位の内訳は右心房解剖学的峡部 (right atrial isthmus) が10例、right side Mazeが1例、右室壁が1例、右室流出路 (right ventricular outflow tract: RVOT) が3例であった。不整脈手術単独の場合不整脈再発が3例に見られており、うち2例 (症例3, 14) は発作性上室性頻拍 (paroxysmal supraventricular

tachycardia: PSVT)、心房頻拍 (atrial tachycardia: AT) 発生例で内服治療でコントロール可能であった。1例はPSVTによる失神発作が見られ、薬物コントロール不能にてradiofrequency ablationを追加施行し不整脈は消失している。不整脈関連イベント回避率は手術のみでは2年86.7%、5年65%。内服治療の併用を含めると2年目以降93.3%であった (Figure 4)。

考察

TOF根治術の手術成績の向上に伴い、術後遠隔期合併症に対する再手術症例も増加傾向となっている。TOF術後遠隔期における問題点としてPR、右室流出路や肺動脈狭窄、心室中隔欠損 (VSD) 遺残短絡などによる右室容量負荷が挙げられる。PRによる慢性的な右室容量負荷が持続すると、RVEDVI・RVESVIが増大し右室収縮能が低下する。その結果PRは遠隔期右心不全や不整脈の出現を介して突然死など予後に大きな影響を及ぼすことになる⁽⁸⁾。さらに右室流出路パッチの機能不全、右室壁の線維化、

Table 2 EPS Characteristics, mapping, and cryoablation data

Pt. No.	Stimulation study	CARTO map (localization of damaged myocardium)	Cryoablation	Arrhythmia related event
1	VT		RV free wall	No
2	AFL・VT	TA reentry, RVOT・RV Apex	RA isthmus	No
3	EPS (-)		(-)	PSVT (drug therapy)
4	NI		(-)	No
5	AFL・VT		RVOT and RA isthmus	No
6	AFL	TA reentry	RA isthmus	Syncope (PSVT, ablation)
7	NI	RV anterior wall - RVOT	RVOT and RA isthmus	No
8	AVNRT・VT	Peri PV - TV	RA isthmus and CS - TV	No
9	EPS (-)		(-)	No
10	EPS (-)		(-)	No
11	AFL・IART	TA reentry, RA lateral wall - IVC, Peri PV	RA isthmus, RA-IVC	No
12	NI	RV incision, TV - PV	RA isthmus and IVC incision	No
13	AFL	RV incision, TV - PV	RA isthmus	No
14	IART・Af	RVOT, TV - PV	RA Maze, RA isthmus	AT (drug therapy)
15	NSVT	RVOT - RV anterior wall - Apex	RVOT	No

Af = atrial fibrillation; AFL = atrial flutter; AVNRT = atrioventricular nodal reentrant tachycardia; CS = coronary sinus; IART = intraatrial reentrant tachycardia; NI = not inducible; NSVT = nonsustained ventricular tachycardia; PSVT = paroxysmal supraventricular tachycardia; PV = pulmonary valve; RA = right atrium, RV = right ventricle; RVOT = right ventricular outflow tract; TA = tricuspid annulus; TV = tricuspid valve

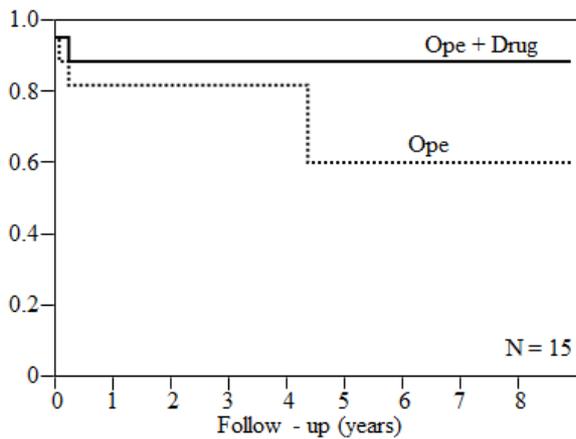


Figure 4 Arrhythmia related event free ratios

Ope: pulmonary valve replacement and/or cryoablation

右室拡張能の低下, 左心機能低下なども右心機能の悪化に影響する因子として指摘されている^(4,7,8).

TOF術後PVRの右心不全軽減, 右心機能改善効果は諸家が認めるところであり^(4,8,12), 右心機能や運動耐用量が保たれた状態での早期PVRが望ましいと考える。しかし, PVRにおいて現在第1選択で使用されている生体弁は長期耐久性に問題が残し, 遠隔期再弁置換術の可能性がある。そのためPVRの至適手術時期については未だ議論の余地があり, 肺動脈弁位生体弁の耐久性, PVRの手術成績, PVRの心負荷軽減や不整脈抑制効果などの観点から検討する必要がある。

肺動脈弁に使用される人工弁として機械弁は血栓形成の可能性が高く, 遠隔成績は不良とされてきた⁽¹¹⁾。近年, 多くの機械弁によるPVR成績の検討がなされており, 厳密なワーファリンによるINR管理のもとでは血栓形成は5~6%程度とも報告されている⁽¹⁰⁾。しかしながら, 機械弁では線維組織の内殖による弁機能不全も4~5%に見られ, ワーファリンによる出血性合併症と合わせて, 未だ生体弁に優位性があると考えられる。肺動脈弁位生体弁の耐用期間としては7~15年との報告⁽¹⁹⁾や, 弁関連イベント回避率が10年で100%, 15年で85.7%, 最長27年の耐用期間が報告されている⁽¹⁸⁾。我々の検討においても平均 4.3 ± 2.4 年(最長9年)の追跡期間において弁関連イベント発生率は0%であり, 肺動脈弁位生体弁は比較的長期間の安全性が期待できる可能性がある。

TOF術後PVRの成績に関しては, Cheungらは2009年までのTOF根治術後PVRの成績報告についてMeta-Analysisを行い, Early mortalityが2.1%, Late mortalityが0.5% (/patient-year), Redo-PVRが1.9% (/patient-year)と報告している⁽³⁾。我々の検討ではPVR術後院内死亡や観察期間内に

おける死亡例はなかった。PVRのみであれば心拍動下での手術が可能であり, 4例で大動脈遮断を要したが平均遮断時間は 14.9 ± 28.3 分と短時間であった。再手術のため輸血量が多くなる傾向はあるものの, 再開胸・止血を要したのは1例のみであった。術後の重篤な合併症も見られず, より積極的な手術介入も可能と考える。

これまでの報告ではPVRの適応として運動耐用量の低下, 心不全症状の出現, 有症状もしくは持続性VTを伴う中等症以上のPRが提唱されている。それに加えTherrienら⁽¹⁷⁾はPVR前RVEDVI ≥ 170 ml/m²であった症例においてPVR後RVEDVIが減少しなかったと報告しており, RVEDVI ≥ 160 ml/m²をPVRに踏み切る目安とする文献が多くみられる。また, Geva⁽⁸⁾はさらにRVESVI, LVEDVIの増大, RVEFの低下などもPVRを考慮すべき因子として挙げている。QRS幅についても180 msecを超える症例で入院期間の延長, 心室性不整脈のリスクが増加するとの報告がある⁽¹⁴⁾。我々の検討ではRVEDVI ≥ 170 ml/m²の症例5例を含み, 術前のRVEDVIは平均165.4 ml/m²と高値であった。QRS幅についても5例が180 msecを超え平均176.4 msecであり, PRによる右室拡大が比較的進んだ症例が対象であったが, PVRで有意な改善が見られた。RVEFは術後低下したが, PVR前後でRVEDVIの減少に比してRVESVIの減少が軽度のためと考えられた。LVEFにやや低下傾向が認められ, 左室機能の点からはさらに早期の再手術が妥当か, 手術介入のタイミングに検証が必要と考えられた。

不整脈治療に関しては, TOF術後患者ではPVRによるVT減少効果が望めるが⁽⁸⁾, さらにEPSに基づくカテーテルアブレーション, 不整脈手術の有効性も報告されている^(16,20)。当施設でも準緊急手術(IE症例)やPS主体の症例を除き, PVR症例に対して原則EPSを行うこととしている。今回の検討でも症状の有無にかかわらず, PR症例に対し術前EPSに基づいて術中cryoablationを併施することで良好な結果が得られた。特にCARTOマッピングにより, 6例でVTの要因となる右室傷害心筋部位の同定が可能であった。また, 心房内マッピングではAFLの三尖弁輪, 心房切開線を中心としたマクロリエントリーが確認され, cryoablationにて術後の不整脈発生が抑制された。術前不整脈イベントのない症例であっても, PVR前の術前EPSによって不整脈が誘発される症例に関しては, 積極的なカテーテルアブレーションもしくは術中cryoablationが望ましいと考える。

Table 3 The reported outcomes of PVR in adults with PR after tetralogy repair (2008～2012)

Publication	Patients (n)	Age at ICR (years)	Age at PVR (years)	NYHA	RVEDVI (ml/m ²)	QRS interval (msec)	Follow-up (years)	Death or mortality (%/patient - year)	
								Early	late
Chalard et al ²	21	5.8 ± 6.2	30.1 ± 14.1	1.8 ± 0.7	220 ± 71	161 ± 24	20.4 ± 12.8 (m)		
Shiokawa et al ¹⁵	19	5.6 ± 5.4	26.1 ± 13.6	2.4 ± 0.8		167.4 ± 28.1	7.5 ± 6.5	0	0
Scherptong et al ¹⁴	90	5.8 ± 5.5	31.4 ± 10.3	2.4 ± 0.7		158 ± 29	5.5 ± 3.5	0	2 patients
Dos et al ⁶	116	9 ± 6	36 ± 11	20% > II	192 ± 49	170 ± 24	Early postoperative outcomes	2.5	
Harrild et al ⁹	98	4.9 ± 6.5	24.6 ± 13.0		194 ± 71	157.7 ± 29.6	2.8 ± 4.3	0	5.2
Meijboom et al ¹³	77	4.2 ± 3.4	28			166 ± 30	6.4 ± 4.4	2.8	0.5

ICR = intracardiac repair; PVR = pulmonary valve replacement; RVEDVI = right ventricular end - diastolic volume index

Table 3にTOF根治術後PRに対するPVRの成績報告のうち2008年以降の主なものをまとめた。我々の検討した症例は諸家の報告と比較し比較的早い段階で心内修復が行われ、PVR施行年齢はより高齢であった。RVEDVIはほぼ同等であったがQRS幅はやや延長していた。右心拡大が比較的進んだ症例が対象であったが、術前の自覚症状は乏しくNYHAは全例class 1であった。

今回の検討では心不全症状の出現前、不整脈発生の少ない段階であっても、右心機能の低下、右室拡大の進行に対してPVRを施行し、良好な手術成績と右心拡大改善、不整脈抑制効果が得られた。また、RVEDVI ≥ 170 ml/m²、QRS幅 ≥ 180 msecといった右室拡大が進行したハイリスク症例であっても、右室縮小、QRS幅の短縮が見られており、手術介入の有効性が示唆された。

PRによる右心不全は進行していても無症状で経過し、右心機能や運動耐用能への悪影響が進行するといわれている⁽¹⁾。心不全症状の出現以前の手術介入や⁽⁵⁾、より早期のPVRを推奨する報告も見られる⁽¹²⁾。RV拡大、右心機能低下や不整脈の出現、QRS継続時間の延長などを指標に非可逆的な心機能低下をきたす前に積極的にPVRを検討する必要がある。そのためにはTOF修復術後の長期にわたるfollow-upとUCGやCTなどの非侵襲的検査を定期的に行うことが重要と考える。

結語

ファロー四徴症術後遠隔期におけるPR、PSに対してPVRを施行し、右室容量の縮小、QRS間隔の短縮が得られた。

周術期死亡、再手術例なく、平均4年3ヵ月(最長9年)の観察期間においても弁関連合併症は見られなかった。不整脈手術を同時に施行し、術後不整脈の発生を十分に抑制しえた。病期の進行した症例に対してもPVRの効果は十分に示されたが、左室収縮能にやや低下傾向が認められ今回の検討症例より早期の再手術介入が妥当か、さらに検証が必要と考えられた。

文献

- 1) Bove EL, Byrum CJ, Thomas FD, et al: The influence of pulmonary insufficiency on ventricular function following repair of tetralogy of Fallot. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1983; 85: 691-6
- 2) Chalard A, Sanchez I, Gouton M, et al: Effect of pulmonary valve replacement on left ventricular function in patients with tetralogy of Fallot. *Am J Cardiol* 2012; 110 (12): 1828-35
- 3) Cheung EW, Wong WH, Cheung YF: Meta-analysis of pulmonary valve replacement after operative repair of tetralogy of Fallot. *Am J Cardiol* 2010; 106 (4): 552-7
- 4) Cheung MM, Konstantinov IE, Redington AN: Late complications of repair of tetralogy of Fallot and indications for pulmonary valve replacement. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 2005; 17 (2): 155-9
- 5) Davlouros PA, Karatza AA, Gatzoulis MA, et al: Timing and type of surgery for severe pulmonary regurgitation after repair of tetralogy of Fallot. *Int J Cardiol* 2004; 97 Suppl 1: 91-101

- 6) Dos L, Dadashev A, Tanous D, et al: Pulmonary valve replacement in repaired tetralogy of Fallot: determinants of early postoperative adverse outcomes. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2009; 138 (3): 553-9
- 7) Gatzoulis MA, Balaji S, Webber SA, Siu SC, et al: Risk factors for arrhythmia and sudden cardiac death late after repair of tetralogy of Fallot: a multicenter study. *Lancet* 2000; 356 (9234): 975-981
- 8) Geva T: Indication and timing of pulmonary valve replacement after tetralogy of Fallot repair. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu* 2006: 11-22
- 9) Harrild DM, Berul CI, Cecchin F, et al: Pulmonary valve replacement in tetralogy of Fallot: impact on survival and ventricular tachycardia. *Circulation* 2009; 119 (3): 445-51
- 10) Hörer J, Vogt M, Stierle U, et al: A comparative study of mechanical and homograft prostheses in the pulmonary position. *Ann Thorac Surg* 2009; 88 (5): 1534-9
- 11) Ibawi MN, Lockhart CG, Idriss FS, et al: Experience with St. Jude Medical valve prosthesis in children. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1987; 93: 73-79
- 12) Lim C, Lee JY, Kim WH, et al: Early replacement of pulmonary valve after repair of tetralogy: is it really beneficial? *Eur J Cardiothorac Surg* 2004; 25 (5): 728-34
- 13) Meijboom FJ, Roos-Hesselink JW, McGhie JS, et al: Consequences of a selective approach toward pulmonary valve replacement in adult patients with tetralogy of Fallot and pulmonary regurgitation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2008; 135 (1): 50-5
- 14) Scherptong RW, Hazekamp MG, Mulder BJ, et al: Follow-up after pulmonary valve replacement in adults with tetralogy of Fallot: association between QRS duration and outcome. *J Am Coll Cardiol* 2010; 56 (18): 1486-92
- 15) Shiokawa Y, Sonoda H, Tanoue Y, et al: Pulmonary valve replacement long after repair of tetralogy of Fallot. *Gen Thorac Cardiovasc Surg* 2012; 60 (6): 341-4
- 16) Therrien J, Siu SC, Harris L, et al: Impact of pulmonary valve replacement on arrhythmia propensity late after repair of tetralogy of Fallot. *Circulation* 2001; 103 (20): 2489-94
- 17) Therrien J, Provost Y, Merchant N, et al: Optimal timing for pulmonary valve replacement in adults after tetralogy of Fallot repair. *Am J Cardiol* 2005; 95: 779-782
- 18) Tokunaga S, Masuda M, Shiose A, et al: Isolated pulmonary valve replacement: analysis of 27 years of experience. *J Artif Organs* 2008; 11 (3): 130-3
- 19) Vongpatanasin W, Hillis LD, Lange RA: Prosthetic heart valves. *N Engl J Med* 1996; 335: 407-417
- 20) Zeppendorf K, Schalij MJ, Bartelings MM, et al: Catheter ablation of ventricular tachycardia after repair of congenital heart disease: electroanatomic identification of the critical right ventricular isthmus. *Circulation* 2007; 116: 2241-2252

The mid-term effects of pulmonary valve replacement on right ventricular function in adult patients with tetralogy of Fallot

Nobuyuki Hirose, Kozo Matsuo, Masashi Kabasawa, Masanao Oba,
Hideomi Hasegawa, Masao Hirano, Soichi Asano, Hiroyuki Kito,
Naoki Hayashida, Hirokazu Murayama, Shigeru Tateno, Yasutaka Kawasoe
Department of Cardiovascular Surgery, Chiba Cardiovascular Center

Background: Long-term pulmonary valve regurgitation (PR) after complete repair of tetralogy of Fallot (TOF), leads to right ventricular (RV) dysfunction and increases ventricular tachycardia. The purpose of this study was to evaluate the mid-term outcome of pulmonary valve replacement (PVR) using bioprosthetic valves in adult patients with PR, after tetralogy repair.

Method: 15 patients with corrected TOF, who underwent PVR in our hospital between April 2009 and June 2011, were retrospectively examined. The mean follow up time after PVR was 4.3 ± 2.4 years. All were in NYHA functional class 1.

Results: There was neither hospital nor late death. After PVR, a significant reduction in RV end-diastolic volume was observed (165.4 ± 51.4 ml/m² before, and 105.9 ± 22.4 ml/m² after, PVR $P < 0.05$). RV end-systolic volume significantly improved from 91.3 ± 42.6 ml/m² before, to 62.7 ± 18.8 ml/m² after, PVR ($P < 0.05$). QRS duration was significantly reduced from 176.4 ± 29.6 msec preoperatively, to 164.9 ± 25.3 msec postoperatively ($P < 0.05$). Arrhythmia related event free ratios, 2 and 5 years after PVR and cryoablation, were 86.7 % and 65 % respectively.

Conclusion: PVR in adults with PR after tetralogy repair has a low mortality risk and effectively reduces RV load. PVR before appearance of symptoms of heart failure should be performed in patients with evidence of progressive RV dysfunction and dilatation.