

臨床研究

右心バイパス手術

Low Volume 施設での術式選択の妥当性評価

吉井新平¹⁾, 鈴木章司¹⁾, 保坂茂¹⁾,
 高橋渉¹⁾, 大澤宏¹⁾, 福田尚司¹⁾,
 加賀重亜喜¹⁾, A. サミュエル¹⁾, 多田祐輔¹⁾,
 角野敏恵²⁾, 丹哲士²⁾, 星合美奈子²⁾,
 杉山央²⁾, 矢内淳²⁾, 駒井孝行³⁾

¹⁾山梨医科大学 第二外科, ²⁾小児科, ³⁾救急部

抄録：先天性心疾患である単心室症に対する右心バイパス手術は一般に患児の客観的検査所見から適応や術式選択が論議されるが、施設により症例数の相違や到達目標の違いなどから成績に差があるといわれている。当院は症例数からは典型的な low volume 施設であるが、本手術に際し安全性を第一の目標としてきた。今回その選択決定の妥当性を検討した。対象は右心バイパス手術を検討した最近4年5カ月（1995年10月～2000年2月）の12例。年齢は1～8歳（平均4.0歳）で1例平均2.4回の姑息手術を受けている。手術治療の最終目標を完全右心バイパス手術による生活の質（QOL）向上とチアノーゼのない血行動態としたが、術式選択については安全性を第一とした。結果的に問題症例は1例で、本例では術前に肺血管抵抗測定が不能で術中高値を確認、上大静脈肺動脈吻合を行なったが静脈圧高値にて撤退した。退院後自宅にて排便中突然死した。5例は完全右心バイパス手術まで達し、2例は完全右心バイパス手術を予定中、4例は完全右心バイパス手術までに到達は不可能と判断している。しかしいずれの例も家庭での通常の生活はできている。以上本疾患群には手術治療が最終目標に至らなくとも許容できる症例もあるものと思われた。今後はより早期の右心バイパス手術に取り組み、最終目標への到達率の向上を目指したい。

キーワード 右心バイパス術, フォンタン型手術, 単心室症, 小児開心術, 手術適応

はじめに

Stark¹⁾によれば、米国では先天性心疾患の手術成績の要因の一つに、施設の年間手術数が挙げられている。即ち先天性心疾患開心術数が年間10例以下では手術死亡率は18.5%、10～100例では7.9%、101～300例では8.2%に対

し、300例以上の施設では3.0%と良好な成績である。右心バイパス手術であるフォンタン型手術においても例外ではなく、Jenkinsら²⁾の米国の5州における1992年度の調査によれば年間手術数200例未満の low volume 施設ではフォンタン型手術の死亡率が14%に対し、200例以上の high volume 施設では7.3%であった。

本邦の胸部外科学会学術調査^{3,4)}によれば1施設あたりの年間心大血管手術総数は100例未

〒409-3898 山梨県中巨摩郡玉穂町下河東1110

受付：2000年2月28日

受理：2000年3月27日

満が69% (1996, 1997年), 200例未満が90% (1996年) ~ 92% (1997年)であった。先天性心疾患開心術に限れば1997年は年間25例以下は392施設, 26 ~ 50例は39施設, 51例以上はすべてで38施設, このうち100例以上は10施設, 200例以上は3施設であった。当院もここ数年26 ~ 50例で典型的なlow volume施設ではあるが, このような中でも手術成績を上げるべく努力をしてきた。

このうち右心バイパス手術については個々の症例間の差が大きく, 取り得る術式も様々で, 到達目標の設定の差においても多様な選択がある術式である。当院では本手術に際しての対応の原則として, 手術の安全性を第一に考える, 最終目標を完全右心バイパス手術によるQOL向上とチアノーゼの無い血行動態とする, 段階的に分割しての手術方針をいとわない, 最終目標に到達不可能としても日常生活が可能であれば許容する, を方針としてきた。この方針にて対応し始めた最近4年5カ間(1995年10月 ~ 2000年2月)の右心バイパス手術の適応例について検討し, 問題点を明らかとする。

対象・方法

1995年10月 ~ 2000年2月の間に右心バイパス手術の可能性を検討した12例。年齢は1 ~ 8歳(平均4.0歳)で1人平均2.4回の姑息手術を受け, 症例によりさらに経皮的バルーン血管形成術を受けている。以下検討順に表1, 2に示した。個々の症例について, 手術結果と判断の妥当性, 問題点を検討した。なお, 経験例数が少数で症例も様々であるため, 術前画像診断としてmagnetic resonance imaging (MRI) などから実物大立体モデルも作成し術式を詳細に検討し手術に臨んだ⁵⁾。

結 果

12症例の詳細を表1, 2に示した。以下, 問題症例と問題点を挙げる。

症例2. (T.T.) 単心室症 + 肺動脈閉鎖症。

生下時より肺動脈閉鎖のため高度チアノーゼあり, 2カ月までに3回のBlalock-Taussig shuntを行い漸く安定して退院した。2歳時相対的肺血流量減少により再度高度チアノーゼとなりcentral aorto-pulmonary shuntを追加した。以後3年間経過を追い, さらにチアノーゼが高度となった時点で右心バイパス手術の可能性を検討した。

術前検査では解剖学的な問題からカテーテルが肺動脈内に進められず, 肺血管抵抗不明のまま手術, 術中直接圧測定にて体肺動脈の全シャントを遮断しても平均圧17 mmHgあるなど, 測定上肺血管抵抗が基準(2.0単位以下)を越えていた。しかし手術不能と判断した場合予後不良が予測されたため, 上半身のみ右心バイパス手術である上大静脈肺動脈吻合術(BCPS)を行なうも上大静脈圧30 mmHgと高値のため断念しもとに戻した。術後良好に経過したが退院後排便中に突然死した。当初からシャント術を重ねた治療方針に問題があった可能性がある。

症例3. (H.Y.) 右心低形成症候群。

生後3カ月右Blalock-Taussig shunt, 3歳時, 肺動脈の発育度を表す係数(PA Index)が210と基準以下(基準は250以上)にて4歳時左Blalock-Taussig shuntを追加するも人工血管が狭小化しPA Index 159とむしろ低下, 5歳時左Blalock-Taussig shuntの人工血管を付け替えた。7歳時の心カテーテル検査にてPA Index 248と肺動脈の成長があったが中心肺動脈は細かった。そこで術式としてBCPSを選択し同時に中心肺動脈を自己心膜で拡大したが, 左Blalock-Taussig shuntを残したこと, および解剖学的に拡大した中心肺動脈のスペースが狭いことにより術後1年で中心肺動脈が狭窄した。その後肺動脈拡大のためステント留置を試みるもすでに閉塞しており以後の手術を断念している。2, 3歳の時点で, 早期に右心バイパス手術を考慮すべきだった可能性があると思われる。

表1. 12症例の詳細 その1

症例	性	年齢	診断	先行手術	Rp	Rs	PAI	Qp / Qs	施行手術
1.	M	5歳	SV	PAB	1.1	22.0	307	1.7	TCPC
2.	M	5歳	SV + PA	BT + AP	/	/	207	/	BCPS Take down
3.	F	8歳	HRHS	BT (× 2)	1.0	28.0	248	1.57	BCPS
4.	F	5歳	SV + PA, 多脾症	BT (× 2) + AP	0.52	8.76	364	2.01	BCPS
		6歳	- " -	BCPS	2.4	18.5	297	0.51	TCPC
5.	M	2歳	DORV + PS	BT	0.99	7.97	345	0.58	TCPC
6.	F	5歳	SV + PA, 無脾症	BT (× 2)	2.79	13.36	230	0.78	BCPS
		8歳	- " -	BCPS	1.37	19.23	209	0.59	TCPC Take down
7.	F	5歳	HRHS	BT (× 2) + RVOTR	2.67	13.76	237	1.03	BCPS
		6歳	- " -	BCPS + RVOTR	2.1	17.56	258	0.58	one and half
8.	M	3歳	SV + PS, TAPVR, 無脾症	TAPVR 修復ほか× 3	1.48	11.1	162	1.2	/
9.	F	5歳	DORV + PS	BT (× 2)	2.58	22.2	474	1.62	BCPS
		5歳	- " -	BCPS	1.78	/	265	0.5	TCPC
10.	M	3歳	SV + PS, 無脾症	BT (MPA)	2.41	13.96	造影剤 アレルギー	1.95-2.3	PA 形成
		3歳	- " -	MPA 形成	1.44	12.83	造影剤 アレルギー	1.84	BCPS 予定
11.	M	1歳	HRHS	BT (× 2)	2.3	15.3	505	1.47	BCPS
12.	F	1歳	SV + PS, 多脾症	BT	2.88-3.49	9.22-11.69	277	0.65-1.0	TCPS

表2. 12症例の詳細 その2

症例	性	年齢	診断	施行手術	Modification	NO 吸入療法	結果	目標達成
1.	M	5歳	SV	TCPC	自己組織のみ	(-)	良	可
2.	M	5歳	SV + PA	BCPS Take down	Take down	(-)	退院後突然死	不可
3.	F	8歳	HRHS	BCPS	肺動脈形成 + BT 残す	(-)	良	未
4.	F	5歳	SV + PA, 多脾症	BCPS	Pacemaker, BT 残す	(-)	良	/
		6歳	- " - TR	TCPC	Fenestration, 心房内トンネル 弁形成, Pacemaker 付け替え	(+)	良	可
5.	M	2歳	DORV + PS	TCPC	自己組織 + 心膜補填	(+)	良	可
6.	F	5歳	SV + PA, 無脾症	BCPS	両側 BCPS PS PTA × 2	(+)	良	/
		8歳	- " -	TCPC Take down	コイル, Fenestration	(+)	良	未
7.	F	5歳	HRHS	BCPS	RVOTR 先行	(-)	良	/
		6歳	- " -	one and half	1 + 1/2 手術時 ASD 閉鎖テスト Fenestration, OTC	(-)	良	可
8.	M	3歳	SV + PS, TAPVR, 無脾症	/	現時点で手術適応からははずす		良	未
9.	F	5歳	DORV + PS	BCPS	BT を 1 つ残す	(-)	良	/
		5歳	- " -	TCPC	心外導管	(-)	良	可
10.	M	3歳	SV + PS, 無脾症	PA 形成	PA 形成先行	(-)	良	/
		3歳	- " -	/	BCPS 計画中		/	未
11.	M	1歳	HRHS	BCPS	早期 BCPS, BT1 つ残す	(-)	良	未
12.	F	1歳	SV + PS, 多脾症	TCPS	早期 TCPS, PM リード留置	(-)	良	未

症例6. (S.M.) 単心室症 + 肺動脈閉鎖症。

1,400 g で出生, 無脾症候群で両側上大静脈ほか解剖学的に複雑であったが, 6歳時までにBCPSまでは進め, 生活も充分できていた。上下大静脈血流をととも肺動脈へバイパスする完全右心バイパス手術 (TCPC) への条件はPA Indexからは厳しく躊躇していたが, 家族の強い希望もあり, バルーンによる肺動脈形成術を施行後8歳時TCPC施行するも肺血管抵抗高値にて低酸素血症改善せず, 8日目にBCPSにもどした。解剖学的に複雑な上に, PA Index 209に対して肺血管抵抗1.37単位と手術可能域との算出を根拠に手術適応としたことに問題があると思われる。

症例8. (T.T.) 単心室症 + 肺動脈狭窄症 + 総肺静脈還流異常症。

無脾症候群。3度の姑息的開心術で現在単心室 + 肺動脈狭窄の病態で安定。PA Indexは162にて, 右心バイパス手術の適応は厳しいと判断している。現在4歳7カ月であるが, 生活は充分できている。

症例10. (H.H.) 単心室症 + 肺動脈狭窄症 + 異常体肺動脈交通。

無脾症候群。先天性に片腎にて腎機能低下あり。また造影剤により2回ショックになる。さらに易感染あり。異常体肺動脈処理などを含め肺動脈の中心化と発育をはかるため計3回の姑息手術を行なった。BCPSまでは可能と考え, 手術予定中である。

以上, 遠隔死亡した1症例と完全右心バイパス手術への到達が不可能と判断している4症例の問題点を挙げたが, 目標に到達した5症例やその途中の症例2例も含め, 遠隔死亡した症例2以外は現在家庭での通常の生活はできている。

考 察

本邦では施設の年間手術数と死亡率の関係などを明らかとし, 手術成績の優劣を論ずることは禁忌とされてきた。胸部外科領域においては最近学会により年間手術症例数と内容および死

亡数の調査が始まったが, 双方の調査票は別々に集計されるため年間手術数と手術成績の関係について明らかなデータはない。しかし年間手術数の集計を見ると現状では多くの施設においては症例数が少ない。また本邦では外科医1人の年間手術数も明らかではないが, 米国での調査⁶⁾によれば大きな差がある。すなわち先天性心疾患の手術において, これを対象とする外科医451名中, 年間手術数25例以下は225名と50%, 同様に26~100例は127名28%, 101~200例は68名15%, 201~300例は24名5%, 301例以上は7名2%であった。

しかしJenkinsら⁷⁾の米国2州の手術成績(1988~1989年, 総数2,833例, 入院死亡率7.7%)に比し, 本邦の1997年の実績では各施設の例数は少ないものの, 先天性心疾患開心術は総数6,713例, 入院死亡率4.6%と決して不良とは言えない。同じ報告による手術難易度の内訳からみると本邦の26~50例が米国の10~100例, 同じく100例以上が300例以上と類似している(表3)。以上は年代も違うため単純比較はできないが, 本邦のlow volume施設は, 米国のlow volume施設と同等には論じられないと推定される。

特に右心バイパス手術においては個々の症例での解剖学的バリエーションが多くまた肺血管抵抗をはじめとした病態生理も様々である。加えて手術術式も様々な選択がある。実際我々の症例においても計14回の右心バイパス手術中, 殆ど同じ術式となった例は症例9と11の2例のBCPSのみであり, それ以外の術式で同一な手術はなかった。さらに中間的バイパス術であるBCPSの位置付けに対する考え方にも幅がある。即ちあくまで最終手術であるTCPCを目指す一段階ととらえるか, 症例によりBCPSを最終手術とすることも可とするか否かである。従って個々の症例を考えた場合, 例えhigh volume施設といえども殆ど同様な症例は多くはないと推定される。

我々の右心バイパス手術について, 現時点では入院死亡率0%とある程度の成績が出せてお

表3 年間手術件数別の手術難易度比較

年間手術件数	単純修復術群	複雑修復術群
米国 ('88 ~ '89, 2州) ⁷⁾		
10 ~ 100 例施設	83.6 %	16.5 %
300 例以上施設	52.5 %	47.6 %
本邦 ('97, 全国)		
26 ~ 50 例 (39 施設)	85.9 %	14.1 %
100 例以上 (10 施設)	68.1 %	31.9 %

り、結果的には成績の良い high volume 施設に匹敵する成績であった。ちなみに本邦の胸部外科学会の調査では術式別の集計がないため、右心バイパス手術そのものの成績は不明であるが、本術式が適応される可能性のある単心室症と三尖弁閉鎖症の1歳以上の体外循環使用手術症例についてみると合計年間284例が手術され入院死亡14例4.9%の死亡率であった⁴⁾。しかし本邦で本手術を多く手掛けている施設からの最も最近の報告では⁸⁾、特に重症例が多いとはいえ TCPC を目指した40例中8例死亡(死亡率20%)しており、本術式は最近確立されつつある先天性心疾患に対する手術治療のなかでも最も難易度の高い術式の一つであろう。実際、Jenkins ら⁷⁾の手術難易度のカテゴリー分類においては動脈スイッチ手術と左心低形成症候群に対する手術とならんで、TCPC は最も難易度が高いカテゴリーに分類されている。

一方今回の12症例のなかには、到達目標の設定と到達点においては不満足との指摘も受けざるを得ない症例もある。しかし最近 TCPC への限界と考えて躊躇していた症例6に対して手術的にはほぼ問題がなかったにも拘らず撤退を余儀なくされた手術を経験したことから、血行動態的に見て自ずと限界がある症例もあるものと考えている。

以上、我々がこれまで採ってきた方針と結果および問題点について明らかとした。この過程で症例を再検討した結果、当初より右心バイパス手術の適応をより積極的に考える、手術をより早期に適応する、という2点が改善策

と考えられた。そこで最近の2例(症例11, 12)でより早期に対応した結果、むしろ手術の安全域が高まった印象がある。このことは良好な成績を報告している high volume 施設ですすでに周知のことと思われる。しかしこれら high volume 施設の質と成績に匹敵させるためには、諸施設からの報告を充分参考とするとともに、自らの経験を積み重ね、問題点を明らかとしていく以外に具体策はないものと思われた。その一つに、症例毎に解剖学的関係が様々であるという問題点を補うため、実物大立体モデル作成による術前のシミュレーションが本手術には特に有用であると思われた⁵⁾。

なお、最近米国の心臓外科領域においても年間症例数と手術成績はなんら関連ないという報告もあり⁹⁾、low volume 施設といえども良好な成績は出せるものと考え今後とも努力を重ねたい。

結 語

右心バイパス手術に対して我々が採ってきた方針、すなわち 手術の安全性を第一に考える、最終目標を完全右心バイパス手術による QOL 向上とチアノーゼの無い血行動態とする、段階的に分割しての手術方針をいとわない、最終目標に到達不可能としても日常生活が可能であれば許容する、は概ね妥当で手術成績も安定していた。今後さらなる質的向上を目指し、当初より右心バイパス手術の適応をより積極的に考える、手術をより早期に適応する、と

いう2点が改善策と考えられた。

参考文献

- 1) Stark J: How to choose a cardiac surgeon. *Circulation*, **94**: II-1-4, 1996.
- 2) Jenkins KJ, Newburger JW, Kyn L, Lock JE, Mayer JE *et al.*: Procedure-specific mortality risk for congenital heart surgery: Relationship to annual case volume. *Circulation*, **90**: I-51, 1994.
- 3) Yasui H, Osada H, Ando N, Koyanagi H: Thoracic and cardiovascular surgery in Japan during 1996: Annual report by the Japanese association for thoracic surgery. *JJTCVS*, **46**: 406-420, 1998.
- 4) Yasui H, Osada H, Ide H, Fujimura S: Thoracic and cardiovascular surgery in Japan during 1997: Annual report by the Japanese association for thoracic surgery. *JJTCVS*, **47**: 237-251, 1999.
- 5) 吉井新平, 鈴木章司, 保坂茂, 高橋渉, 福田尚司ほか: 心房分割手術におけるMR画像からの簡易実物大立体像作成の有用性。日小循誌, **12**: 755-761, 1996.
- 6) Cohn LH, Anderson RP, Loop FD, Fosburg RG, Cunningham JN *et al.*: The fourth report of the thoracic surgery workforce committee of the American association for thoracic surgery and the society of thoracic surgeons. *J Thorac Cardiovasc Surg*, **110**: 570-585, 1995.
- 7) Jenkins KJ, Newburger JW, Lock JE, Davis RB, Coffman GA *et al.*: In-hospital mortality for surgical repair of congenital heart defects: Preliminary observation of variation by hospital caseload. *Pediatrics*, **95**: 323-330, 1995.

- 8) Morita K, Kurosawa H, Mizuno A, Sakamoto Y, Tanaka K *et al.*: The role of a staged approach for high-risk Fontan candidates. *JJTCVS*, **47**: 478-488, 1999.
- 9) Early GL, Roberts SR: Excellence and low case volume: An example of the inapplicability of volume-based credentialing. *Ann Thorac Surg*, **69**: 146-150, 2000.

略号	SV :	単心室
	PA :	肺動脈閉鎖
	HRHS :	右心低形成症候群
	DORV :	両大血管右室起始
	PS :	肺動脈狭窄
	TAPVR :	総肺静脈還流異常
	PAB :	肺動脈絞扼術
	BT :	鎖骨下動脈肺動脈吻合術
	AP :	大動脈肺動脈吻合術
	BCPS :	上大静脈肺動脈吻合術
	RVOTR :	右室流出路形成術
	MPA :	肺動脈本幹
	Rp :	肺血管抵抗
	Rs :	体血管抵抗
	PAI :	肺動脈發育係数
	Qp/Qs :	肺 - 体血流比
	TCPC :	完全大静脈肺動脈吻合術
	Take down :	撤退、手術をもとに戻す
	one and half :	1 + 1/2 心修復術
	TCPS :	上下大静脈肺動脈シャント術
	ASD :	心房中隔欠損
	OTC :	直視下三尖弁形成術
	PM :	ペースメーカー
	NO :	一酸化窒素