日本小児循環器学会雑誌　9巻3号　431～435頁（1993年）

三尖弁閉鎖のFontan手術後の不整脈の検討

（平成5年3月5日受付）
（平成5年8月30日受理）

現　岐阜大学小児科[1]，国立循環器病センター小児科[2]，同　心臓血管外科[3]
川出麻由美[1]　新垣　義夫[2]　松田　雅弘[2]　大内　秀雄[2]
中島　　徹[2]　神谷　哲郎[2]　八木原俊克[3]

key words：三尖弁閉鎖，Fontan手術，上室性不整脈，Holter心電図，トレッドミル試験

要　旨

三尖弁閉鎖または高度狭窄で，Fontan手術を施行された患児19例について術後の不整脈を検討した．19例全例，右心耳と肺動脈の直接吻合が施行された．手術時年齢は5.2±5.2歳，術後経過観察期間は6.4±3.6年であった．Holter心電図では11例，42.1%に不整脈を認め，術後5年以上で上室性不整脈が有意に多く認められた（p＝0.04）．経過を追った7例中5例に所見の増悪がみられ，4例は5年以上経過後出現した．トレッドミル試験では14例中6例，42.9%に不整脈を認めたが，Holter心電図の結果と比較すると重症度は低かった．心臓電気生理学的検査では，4例中1例に洞結節機能の異常と心房内異常電位が認められた．Fontan手術後，5年以上経過した症例では，上室性不整脈の発現の可能性が高く，注意が必要である．

はじめに

体静脈還流血を右房から直接肺動脈に導くFontan手術が1971年に発表されて以来[1]，三尖弁閉鎖の心内修復術として広く施行され，手術成績も向上してきた．Fontan手術は，術後に高い体静脈圧で右心系の循環が保たれるため，右房の圧・容量負荷による上室性不整脈の出現が懸念されている[2)~9)]．不整脈は術後遠隔期の予後を左右する最も重要な合併症の1つである[4]．今回，Fontan手術後の患児を対象にホルター心電図，トレッドミル試験および心臓電気生理学的検査を施行して，Fontan手術後の不整脈について検討した．

対象と方法

対象は1979年10月から1991年1月の間に当センターにおいてFontan手術を受け，ホルター心電図の施行された三尖弁閉鎖例あるいは術前に三尖弁閉鎖と診断された高度の三尖弁狭窄例19例である（表1）．全例，心房中隔欠損を閉鎖して右房と肺動脈を直接吻合した．Fontan手術時の年齢は1.1から22.6歳，平均5.2±5.2歳であった．男児11例，女児8例で，術後の経過観察期間は2.2から13.2年，平均6.6±3.6年であった．合併奇形を表1に示した．症例2と症例19は術中，高度の三尖弁狭窄と診断された．

術前の12誘導心電図記録では全例不整脈は認められなかった．

19例中，現在抗不整脈剤を投与しているのは心房粗細動の症例5と持続性上室性頻拍の症例19の2例で，いずれもジソピラミドであった．何らかの内服投与を受けていた症例が8例，無投薬の症例が11例であった．

24時間心電計は日本光電DMC-3253を用い，この19例に1から5回，延べ37回記録した．

また19例中14例に延べ16回，トレッドミル試験を施行した．修正Bruce法またはramp負荷法を用いて，自覚的最大負荷まで施行した．

上室性不整脈に着目してHolter心電図およびトレッドミル試験の所見の重症度を，上室性不整脈なし（grade 0），上室性期外収縮または3連発以上で持続が30秒未満の非持続性上室性頻拍（grade 1），持続が30秒以上の持続性上室性頻拍または心房粗細動（grade

別刷請求先：（〒500）岐阜市司町40
岐阜大学医学部附属病院小児科
川出麻由美

Presented by Medical*Online

2）に分類した．

トレッドミル試験の結果を前後6カ月以内に施行したHolter心電図と所見を比較した．対象を術後経過5年未満群と術後経過5年以上群に分けて比較した．

不整脈の増悪について検討するために，19例中Holter心電図が2回以上記録された7例について検討し，Holter心電図所見がgrade 0から1または2，grade 1から2への変化を増悪とした．

19例中4例に心臓電気生理学的検査を施行した．高位右房高頻度刺激および早期心房刺激を施行し，洞結節回復時間について検討した．また右房内マッピングを右房の内側，外側のそれぞれ上，中，下部，前後の計12カ所について行った．

結　果

（1）Holter心電図：19例中11例（57.9%）になんらかの不整脈を認めた（表1）．個々の症例の最も重症であった所見を検討すると，心房粗細動1例，持続性上室性頻拍＋2度房室ブロック1例，持続性上室性頻拍1例，非持続性上室性頻拍＋心室性期外収縮1例，非持続性上室性頻拍1例，上室性期外収縮の2段脈＋心室性期外収縮1例，上室性期外収縮5例であった．図1に術後経過年数とHolter心電図所見について示した．横軸が検査時の術後経過年数，縦軸が不整脈の重症度である．同一症例を実線で結んだ．複数回検査をし得た7例では，いったん増悪した所見が改善した症例はみられなかった．術後5年未満の症例2例ではともにgrade 0で変化なし，術後5年以上の5例では1例がgrade 1で変化なし，2例がgrade 1から2，1例がgrade 0から1，1例がgrade 0から2に増悪した．症例数が少なく統計的な差は認められないが，増悪例は全例5年以上経過例であった．術後早期，0.4年でgrade 2の不整脈がみられたのは症例19であった．

最終検査時の経過年数で5年未満群と5年以上群に分けて，その所見の重症度を比較した（図2）．術後5年以上群では，grade 1または2の不整脈が5年未満群に比べて有意に多く認められた（$p=0.04$）．

（2）トレッドミル試験：14例に延べ16回トレッドミル試験を施行し，うち6例（42.9%）に不整脈を認めた（表1）．内訳は上室性期外収縮＋心室性期外収縮1例，上室性期外収縮3例，心室性期外収縮1例，1度房室ブロック1例であった．

トレッドミル試験の前後6カ月以内に施行したHolter心電図と所見を比較した（図3）．運動負荷で誘発される上室性不整脈の重症度は全例，Holter心電図

表1　対象

症例	性別	手術時年齢（歳）	術後経過期間（年）	合併奇形	Holter心電図	トレッドミル試験	投薬
1	F	4.7	4.3	PA	no arrhythmia	no arrhythmia	Dig., DU., Dip.
2	F	2.9	2.8	PA (severe TS)	PSVC	*	Dig., DU., Dip.
3	F	4.6	8.7	PA	no arrhythmia	no arrhythmia	(−)
4	M	4.9	2.2	PA, PDA	no arrhythmia	no arrhythmia	DU
5	M	2.6	13.3	VSD, PS	AFF	PSVC	Dig., Diso.
6	F	3.1	11.7	VSD, PS	nonsust-PSVT	*	(−)
7	F	2.2	10.4	VSD, PS	PSVC	PSVC	DU.
8	M	8.5	10.3	VSD, PS	sust-PSVT, PVC, II-AVB	I-AVB	(−)
9	M	14.9	8.0	VSD, PS	no arrhythmia	*	(−)
10	M	1.1	6.8	VSD, PS	PSVC	no arrhythmia	(−)
11	M	3.0	4.4	VSD, PS	PSVC	no arrhythmia	(−)
12	F	3.2	3.7	VSD, PS	no arrhythmia	no arrhythmia	(−)
13	M	3.6	3.7	VSD, PS	PSVC	PSVC	(−)
14	M	1.1	3.5	VSD, PS	no arrhythmia	*	DU., Dip.
15	F	22.6	7.0	DORV, PS, subvalvular AS	nonsust-PSVT, PVC	PVC	(−)
16	F	3.4	5.1	VSD	no arrhythmia	no arrhythmia	(−)
17	M	5.2	12.5	TGA, PS	PSVC bigeminy, PVC	PSVC, PVC	Dig., DU.
18	M	5.0	4.4	TGA, PS	no arrhythmia	no arrhythmia	(−)
19	M	2.5	2.4	TGA, VSD, IAA, PDA (severe TS)	sust-PSVT	*	Dig., DU., Diso.

PA；肺動脈閉鎖，PS；肺動脈弁狭窄，VSD；心室中隔欠損，DORV；両大血管右室起始，subvalvular AS；大動脈弁下狭窄，TS；三尖弁狭窄，IAA；大動脈離断，PDA；動脈管開存，AFF；心房粗細胞，sust, nonsust-PSVT；持続性，非持続性上室性頻拍，PSVC；上室性期外収縮，PVC；心室性期外収縮，I, II-AVB；1, 2度房室ブロック，*；未施行，Dig.；ジギタリス，Diso.；ジソピラミド，DU；利尿剤，Dip.；ジピリダモール

Presented by Medical*Online

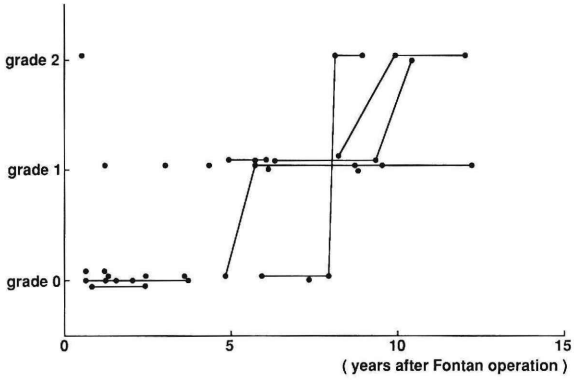

図1　Fontan手術後経過年数とHolter心電図所見
grade 0；上室性不整脈なし，grade 1；上室性期外収縮または3連発以上で持続が30秒未満の非持続性上室性頻拍，grade 2；持続が30秒以上の持続性上室性頻拍または心房粗細動．同一症例を実線で結んだ．

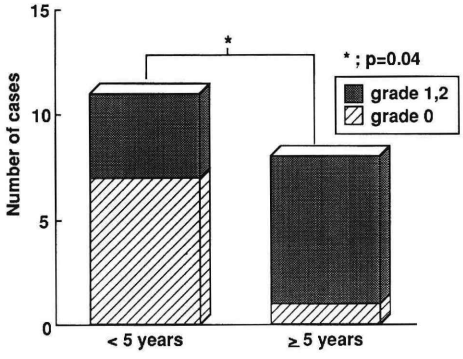

図2　術後5年以上の群では，grade 1または2が，5年未満の群に比べて有意に多く認められた．

所見と同じかまたは軽度のものであった．

(3) 心臓電気生理学的検査：Fontan手術の不整脈が遠隔期の予後を左右する重要な因子であることを説明し，承諾を得た4例に心臓電気生理学的検査を施行した（表2）．検査時年齢は，3.3歳から17.2歳，平均9.8±6.3歳，検査時の術後経過年数は6.0±5.9年であった．全例検査時には洞調律であった．補正洞結節回復時間（cSRT）＞275ms，最大洞結節回復時間の洞周期長に対する比（%SRT/SCL）＞150%を異常所見とすると[10]，術後9.8年に心房粗細動が認められ，術後10.0年で心臓電気生理学的検査を施行された表2の症例5で，cSRTが420msecと延長，%SRT/SCLが154%と軽度延長していた．またこの症例では，心房内マッピングで高位右房外側および高位右房内側前部

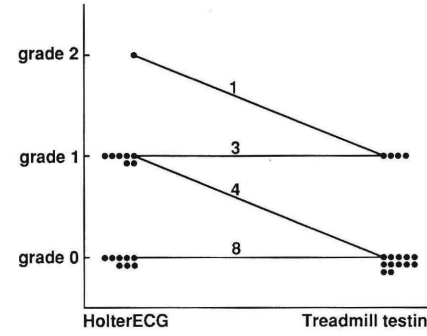

図3　Holter心電図とトレッドミル試験の所見の比較

表2　心臓電気生理学的検査

症例	4	5	17	19
検査時年齢（歳）	6.1	12.6	17.2	3.3
術後経過（年）	1.2	10	12.0	0.7
不整脈	none	AFF	PSVC	PSVC
maxSRT (msec)	825	1205	1225	665
cSRT (msec)	210	420	225	205
%SRT/SCL（%）	134	154	126	145
RA-ERP (msec)	305	260	250	240
右房内異常電位	−	+	−	−

maxSRT；最大洞結節回復時間，
cSRT；補正洞結節回復時間，SCL；洞周期長，
RA-ERP；右房有効不応期

に，0.4mV，75msecと低電位で持続の長い高周波の異常電位を認めた（図4）．その他の3例では，cSRTは205から225msec，%SRT/SCL 126から145%で正常範囲内であった．また心房内マッピングで異常電位は認めなかった．

考　案

Gewilligらは，Fontan手術周術期の10.6%に心房粗動，房室接合部頻拍を認め，うち90.9%が死亡したと報告している[2]．またKurerらは，術前，術直後および術後1週間の検討で，心房粗動と上室性頻拍は良好に抑えられるが，房室接合部頻拍の予後は悪いと報告している[3]．またWeberらは，Fontan手術後の遠隔期には経過が長くなるほど不整脈が増加し，血行動態の悪化をきたして死亡の原因となりうるとしている[6]．我々の結果では，19例のHolter心電図での不整脈は11例で，そのうち，抗不整脈剤の投与が必要であった不整脈の出現は2例，全体の10.5%であった．Holter心電図で持続性上室性頻拍を認めた症例8では，持続が短時間であり動悸の訴えもはっきりしないため無投

Presented by Medical*Online

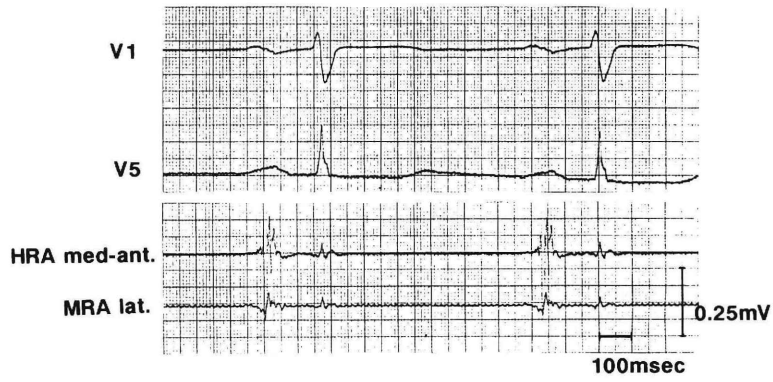

図4　症例5の心房内電位記録．高位右房内側前部に，0.4mV，75msecの低電位で持続の長い高周波の異常電位を認めた．

薬で経過観察されている．術後経過年数の検討では，術後5年以上の群でgrade 1，2の不整脈が有意に多く，また2回以上施行された7例では，5年以上経過の5例中4例に増悪がみられた．これらの結果からFontan手術後例では術後長期になるにしたがって重症の上室性不整脈が認められてくると考えられた．今回の検討では術前の不整脈は12誘導心電図では認められなかったが，不整脈の出現の時期を詳細に検討するためには，術前，術後の定期的なHolter心電図の記録が必要と考えられた．

トレッドミル試験での上室性不整脈の誘発は，Holter心電図に記録された不整脈と同じか，あるいは軽度の不整脈であり，上室性不整脈の検出という点ではHolter心電図がより有用と考えられた．

KurerらはFontan手術後1.9±1.3年の患児30人に心臓電気生理学的検査を施行し，50%にcSRTの延長を，43%に心房不応期の延長を，そして76%に右房内マッピングで心房内伝導遅延を認めており，心房性不整脈の誘発が可能であったと報告している[10]．Kurerらの基準，cSRT＞275msec，%SRT/SCL＞150%に従うと，心房粗細動の既往のある症例ではともに延長しており，洞結節機能の低下が示唆された．心房の異常電位の定義は，1mV未満の低電位で，立ち上がり速度が遅いかまたはmultiple peakで，持続が50ms以上とされている[11]．今回提示した心房粗細動をきたした症例のほか，単心室，共通房室弁口，肺動脈閉鎖でFontan手術を施行し，心房粗動を認めた症例にも同様の異常電位が記録されたが，その他の症例では認められなかった．cSRTおよび%SRT/SCLの延長，心房内異常電位の存在が，心房が長期にわたり高い圧で進展され心房筋が障害された結果であるのか，また不整脈の予知因子となりうるかは今後の検討が必要である．近年，右心系バイパス手術では右心房のポンプとしての関与は必須ではないと考えられており，total cavopulmonary connectionのようにBuffleを用いたり，人工血管を用いて下大静脈血の通路を作成する術式が選択されることが多い[12)~14)]．洞結節を含む心房筋を低圧系とするこの術式例との長期の比較検討も今後必要と思われる．

結　語

1．Fontan手術を施行した三尖弁閉鎖または高度三尖弁狭窄19例について検討した．

2．Holter心電図では，19例中11例(57.9%)に不整脈を認め，うち2例に抗不整脈剤を使用した．トレッドミル試験では，14例中6例，42.9%に不整脈を認め，その不整脈はHolter心電図記録に比べ，軽症であった．

3．心臓電気生理学的検査では，4例中1例に洞結節機能の異常と心房内異常電位を認めた．

4．Fontan手術後，5年以上経過した症例で上室性不整脈例が有意に多かった．

本稿の要旨の一部は第8回日本心電学会学術集会（岡山，1991）にて口演した．

文　献

1）Fontan, F. and Baudet, E.: Surgical repair of tricuspid atresia. Thorax, 26: 240, 1971.
2）Gewilling, M., Wyse, R.K., Leval, M.R. and Deanfield, J.E.: Early and late arrhythmias after the Fontan operation: Predisponding factors and clinical consequences. Br. Heart J., 67: 72, 1992.

Presented by Medical*Online

3) Kurer, C.C., Tanner, C.S., Norwood, W.I. and Vetter, V.L.: Perioperative Arrhythmias After Fontan Repair (abstr). Circulation, 82(Suppl. IV): IV-190, 1990.
4) Girod, D.A., Fontan, F., Deville, C., Ottenkamp, J. and Choussat, A.: Long-term results after the Fontan operation for tricuspid atresia. Circulation, 75: 605, 1987.
5) Brux, J.L., Zannini, L., Binet, J.P., Neveux, J.Y., Langlois, J., Hazan, E., Planche, C., Leca, F. and Marchand, M.: Tricuspid atresia Result of treatment in 115 children. J. Thorac. Cardiovasc. Surg., 85: 440, 1983.
6) Weber, H.S., Hellenbrand, W.E., Kleinman, C. S., Perlmutter, R.A. and Rosenfled, L.E.: Predictors of Rhythm Disturbances and Subsequent Morbidity After the Fontan Operation. Am. J. Cardiol., 64: 762, 1989.
7) Chen, S., Nouri, S. and Pennington, G.: Dysrhythmias after the modified fontan procedure. Pediatr. Cardiol., 9: 215, 1988.
8) 中江世明, 今井康晴, 黒澤博身, 中沢 誠, 高尾篤良：Fontan手術の応用. 小児医学, 20: 1112, 1987.
9) 黒澤博身, 今井康晴：Fontan手術. 胸部外科, 44: 100, 1991.
10) Kurer, C.C., Tanner, C.S. and Vetter, V.L.: 槻槽柏ctrophysiologic Findings After Fontan Repair of Functional Single Ventricle. J. Am. Coll. Cardiol., 17: 174, 1991.
11) Olshansky, B., Okumura, K., Hess, P.G. and Waldo, A.L.: Demonstration of an Area of Slow Conduction in human Atrial Flutter. J. Am. Coll. Cardiol., 16: 1639, 1990.
12) 八木原俊克, 岸本英文, 磯辺文隆, 山本文雄, 西垣恭一, 上村秀樹, 川島康生：右心系バイパス手術の適応と成績. 日心外会誌, 20: 1389, 1991.
13) 岸本英文, 八木原俊克, 磯辺文隆, 山本文雄, 西垣恭一, 市川 肇, 藤田 毅：Right isomerism heartに対するFontan型手術成績の検討. 日警外会誌, 20: 809, 1991.
14) 西垣恭一, 八木原俊克, 岸本英文, 磯辺文隆, 山本文雄, 高橋玲比古, 藤田 毅：複雑心奇形に対して心房内人工血管を使用したFontan手術7例の検討. 日心外会誌, 19: 1323, 1990.

Arrhythmias after Fontan Operation for Tricuspid Atresia

Mayumi Kawade*, Yoshio Arakaki**, Masahiro Matsuda**, Hideo Ohuchi**, Tohru Nakajima**, Tetsuro Kamiya** and Toshikatsu Yagihara***
Department of Pediatrics, Gifu University School of Medicine*
Department of Pediatrics**, Cardiac Surgery**, National Cardiovascular Center

Arrhythmias after Fontan operation for tricuspid atresia and severe tricuspid stenosis were investigated in 19 patients. Direct right atrial-to-pulmonary artery anastomosis with closure of the atrial septal defect was done in all cases. The patients' age at surgery was 5.2 ± 5.2 years. In 11 cases (42.1%), dysrhythmias were observed in ambulatory ECG monitoring. Increased incidence of supraventricular arrhythmia was noted in patients investigated more than 5 years after operation ($p=0.04$). Treadmill exercise tests were performed on 14 cases. Six cases (42.9%) were noted to have supraventricular arrhythmias during or after exercise. The types of arrhythmias observed by treadmill exercise tests were less significant than those detected in ambulatory ECG monitoring. Electrophisiologic study was performed in 4 cases. Sinus node dysfunction and abnormal bipolar atrial electrogram were detected in one case examined 10 years after operation. Thus, the incidence of supraventricular arrhythmias was demonstrated to increase significantly after 5 years of operation. Close and careful observation with serial electrocardiographic examinations should be essential for the patients following Fontan operation.

Presented by Medical*Online