

## ドップラー断層エコーガイドによるバルーン心房中隔切開術

## Balloon atrioseptostomy under color flow Doppler echocardiography guidance

小林 俊樹  
許 俊 鋭\*  
高索 映子  
尾本 良三\*

Toshiki KOBAYASHI  
Shunei KYO\*  
Eiko TAKANAWA  
Ryozo OMOTO\*

## Summary

The clinical effectiveness and safety of balloon atrioseptostomy (BAS) under color flow mapping Doppler echocardiography (CFM) guidance was evaluated in 21 BAS procedures performed on 19 patients with cyanotic heart disease (d-TGA 15, PA 1, TA 2, Ebstein's anomaly PA + supramitral ring 1) in the cardiac catheterization laboratory (16 patients) or in the intensive care unit (ICU 3 patients). The indication for BAS was established based on CFM diagnosis. BAS was performed with combined CFM and X-ray guidance on 16 patients prior to cardiac catheterization, and with CFM guidance only on 3 patients in the ICU. A series of BAS was performed until satisfactory interatrial opening was obtained and a complete hemodynamic study was performed by CFM and catheterization after BAS, if possible. In all 19 patients BAS was performed very safely with positioning of balloon in the left atrium, selection of appropriate size of balloon, and the confirmation of the effect of BAS provided by CFM guidance at each step. The size of the interatrial opening was significantly increased from 2.6 to 8.1 mm ( $p < 0.01$ ) after a series of BAS and the arterial oxygen saturation was significantly increased from 44 to 75% ( $p < 0.01$ ). CFM provides effective diagnosis and guidance for BAS in severely cyanotic neonates with congenital heart disease, and should significantly contribute to the speed, efficacy, and safety of the procedure.

## Key words

Balloon atrioseptostomy

Color flow mapping echography

Cyanotic heart disease

Echo guide

## はじめに

従来 balloon atrioseptostomy (BAS) は X 線透視下で行われてきたが<sup>1,2)</sup>, 最近心エコー図技術の発達によりエコーガイドによっても BAS の施行が可能となり, X 線透視装置の備わっていない集中治療室においても BAS を行いうるようになってきた<sup>3)</sup>. 一方, 心内の解剖学的構造の評価とともに心内血流

をリアルタイムで評価できるドップラー断層心エコー図法は, BAS の適応対象となりうる新生児・乳児期のチアノーゼ性心疾患の診断ならびに血行動態の評価を容易とし, 迅速な BAS 適応の決定が可能となった. また症例によっては, 入院時にすでに気管内挿管および機械的呼吸補助を必要とする重症例もあり, X 線室の準備ができるまで待機できないため, 診断の確立とともにそのまま BAS

埼玉医科大学 小児科

\*同 第一外科

埼玉県入間郡毛呂山町毛呂本郷 38 (〒350-04)

Received for publication April 30, 1992; accepted February 5, 1993 (Ref. No. E-92-2)

Department of Pediatrics and \*the First Department of Sur-

gery, Saitama Medical School, Morohongo 38, Moroyama-machi, Iruma-gun, Saitama 350-04

を施行することが望ましい場合もある。

われわれは1983年5月-1989年6月の6年間に乳児期早期のチアノーゼ性心疾患19症例にドップラー断層エコーガイド下にBASを施行した。本研究では過去6年間の臨床経験を総括し、ドップラー断層エコーガイドによるBASの臨床的有用性と安全性について検討を行った。

### 対象と方法

対象は大血管転位 (transposition of the great arteries: TGA) 15例, 肺動脈閉鎖 (pulmonary atresia: PA) 1例, 三尖弁閉鎖 (tricuspid atresia: TA) 2例, Ebstein 奇形+PA+三心房心合併 1例の計19例で, 延べ21回BASを施行した (Table 1)。全身状態不良のため集中治療室でエコーガイドのみでBASを行った症例は3例 (症例6, 11, 15) あり, す

べて初回のBASであった。

初回BAS施行19例の施行時年齢は平均15±12日 (日齢2-44日), 体重は平均3,250±685g (2,390-4,450g) であった。2回目のBASは2例に施行し, 施行時年齢は平均149±83日, 平均体重4,643±619gであった (Table 2)。

チアノーゼ性心疾患を疑われた患者が入院すると, ただちにドップラー断層法により診断を確定した。心房間交通および動脈管の大きさを測定し, さらに短絡血流量を半定量的に評価した後, BASの適応と prostaglandin E1 (PGE1) 投与の必要性の有無を判断した。必要と診断された症例では, ただちにPGE1の投与を開始し, 全身状態の良好な症例16例では, 心臓カテーテル検査室に輸送してエコーガイドとX線透視の併用によりミラーカテーテルないしはFogartyカテーテル (Baxtor製)

Table 1. Color flow mapping diagnoses

Patients	Diagnosis	IAO	PDA	VSD	PS
1 O.K.	d-TGA	Small	+	-	-
2 F.U.	d-TGA	Small	+	-	-
3 A.H.	d-TGA	Moderate	+	-	+
4 I.K.	d-TGA	Small	+	-	-
5 Y.G.	d-TGA	Moderate	+	-	-
6 N.R.	d-TGA	Small	+	-	-
7 Y.Y.	PA	Small	+	-	-
8 T.K.	TA	Moderate	-	+	+
9 S.Y.	TA	Moderate	+	-	-
10 A.T.	d-TGA	Small	-	+	-
11 U.R.	d-TGA+IAA	Small	+	+	-
12 N.R.	d-TGA	Moderate	+	-	-
13 E.K.	d-TGA	Small	-	+	-
14 M.K.	d-TGA	Moderate	+	+	+
15 Y.M.	d-TGA	Small	-	+	-
16 D.S.	d-TGA+CoA	Moderate	+	+	-
17 Y.M.	PA+Ebstein's anomaly+supramitral ring	Moderate	+	-	-
18 Y.N.	d-TGA+CoA	Moderate	-	+	-
19 Y.M.	d-TGA	Small	-	+	-

IAO=interatrial opening; PDA=patient ductus arteriosus; VSD=ventricular septal defect; PS=pulmonary stenosis; d-TGA=d-transposition of the great arteries; PA=pulmonary atresia; TA=tricuspid atresia; IAA= interruption of aortic arch; CoA=coarction of the aorta; Small=IAO size<2 mm; Moderate=IAO size of 2-5 mm.

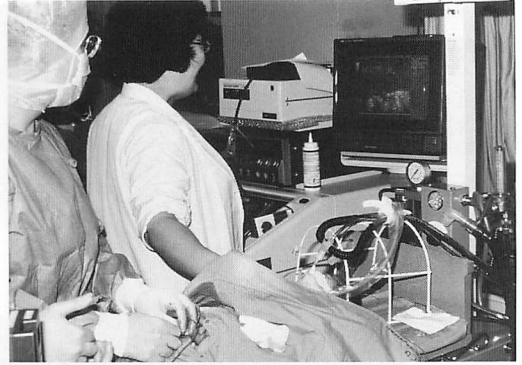
**Table 2. Number of BAS procedures required in each cyanotic disease and the characteristics of patients**

	Initial BAS	2nd BAS
d-TGA (type I)	8	2
d-TGA (type II)	6	
d-TGA (type III)	1	
TA	2	
PA	1	
Ebstein's anomaly + PA + supramitral ring	1	
	19	2
Initial BAS		
Age	2-44 days	mean 15 ± 12 days
Male : female	10 : 9	
Weight	2,390-4,450 g	mean 3,250 ± 685 g
Ventilated case	8 cases	
2nd BAS		
Age	2-7 months	mean 149 ± 83 days

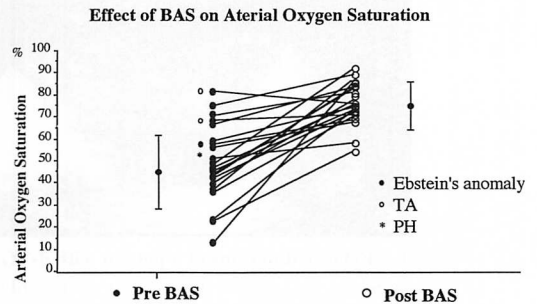
BAS=balloon atrioseptostomy. Other abbreviations as in Table 1.

を、大腿静脈より右房、さらに卵円孔を通過して左房に進めた。BAS 前後の心房中隔欠損 (atrial septal defect: ASD) の大きさ、心房間短絡血流の方向、血流動態をドップラー断層法により評価しながら、臨床上十分な ASD サイズが得られたと判断されるまでBASを行った。ドップラー断層法による観察は心尖部四腔像もしくは剣状突起下四腔像で行った。装置はアロカ製 SSD-860, 870 を用いた。

BAS の有効性をドップラー断層法で確認した後に、血行動態が安定していた 15 症例では心臓カテーテル検査を行い、各部位の酸素飽和度と圧の測定、心血管造影を行った。全身状態が不良のため人工呼吸器管理を行い心臓カテーテル検査室への輸送が困難であった 3 症例では、集中治療室でドップラーエコーガイドのみでBASを行った (Fig. 1)。BAS 手技は心臓カテーテル室におけるBASとまったく同様であり、呼吸補助の安定性、体温の維持はむしろ心臓カテーテル室におけるBASよりも



**Fig. 1. BAS procedure under color flow mapping echo in the ICU performed on a patient with d-TGA type II with interruption of the aortic arch (Patient 11).**



**Fig. 2. Changes in the arterial oxygen saturation before and after BAS procedures.**

Mean saturation before BAS was  $44.0 \pm 18.5\%$  and that after BAS increased to  $75.0 \pm 11.5\%$ . Saturation did not change in 3 patients, one with d-TGA type I with pulmonary hypertension and 2 with tricuspid atresia.

容易であった。

動脈血酸素飽和度の上昇と、ドップラー断層心エコー図検査でBASの効果に対する評価判定を行った。BAS後も経時的にドップラー断層心エコー図検査を行いASDの大きさ、形態、短絡血流を観察評価した。ASDが小さくなりチアノーゼの悪化した2症例に、それぞれ初回BASから2ヵ月後および7ヵ月後に2回目のBASを行った。

## 結 果

ドップラー断層心エコー図による術前診断では、合併奇形は19例全例にみられ、動脈管開存

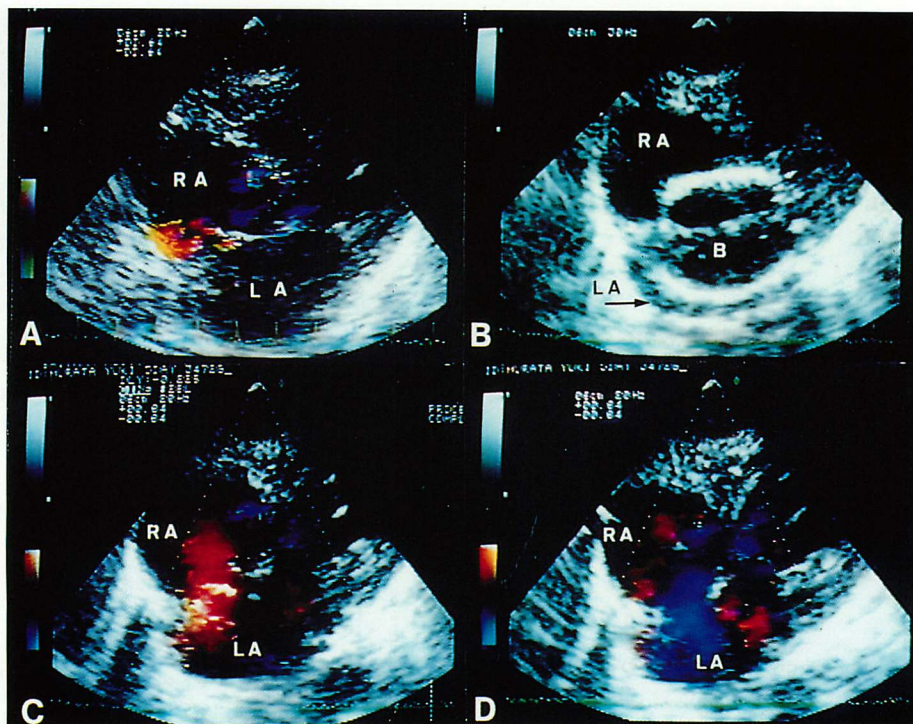


Fig. 3. Echocardiograms of a patient with d-TGA type II (Patient 19).

4-chamber view of color flow mapping echocardiography before BAS (A) showing the size of the patent foramen oval was 1 mm and the shunt flow was only left to right. 4-chamber view during BAS (B) showing the dilated balloon seen in the left atrium. 4-chamber view after BAS (C, D) with the intratrial opening dilated up to 8 mm and bidirectional shunt flow.

(patent ductus arteriosus : PDA) は 13 例 (68.4%), 心室中隔欠損 (ventricular septal defect : VSD) は 9 例 (47.4%), 肺動脈狭窄 (pulmonary stenosis : PS) は 3 例 (14.3%) にみられた (Table 1).

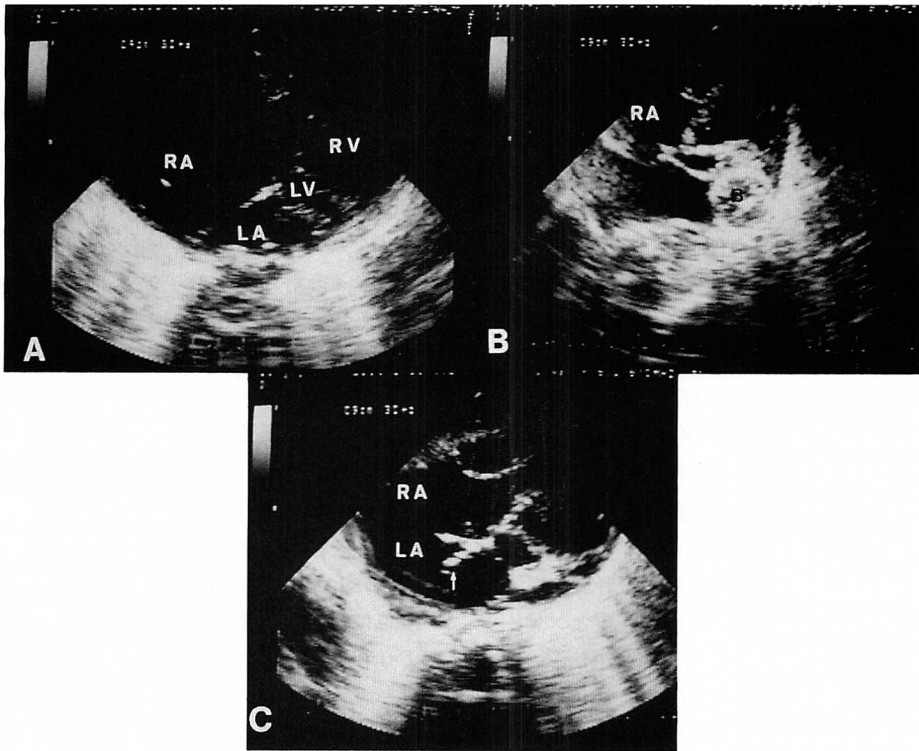
19 症例に 21 回の BAS を施行, うち 4 回はブレードカテーテルを併用した. 全例において断層心エコー図でミラーカテーテルおよびブレードカテーテルの心腔内における位置が確認され, さらに生食水注入によって拡大したバルーンサイズが容易に確認された. 心臓カテーテル室における BAS でもカテーテルの左房内への挿入は断層心エコー図で確認し, 造影剤入りの生食水でバルーンを拡大し, X 線透視下でもバルーンの位置確認を行った.

エコーガイドにより行った 21 回の BAS はすべて安全に行われた. 心室や心房の肥大により心臓の偏位が強く, X 線透視 (正面像) 下のみの操作では卵円孔へのカテーテル挿入が困難な症例が 3 例 (14.2%) あり, エコーガイド下にカテーテル先端と卵円孔の位置を確認しながらカテーテルを操作することにより, 安全かつ容易に左房への挿入が可能であった.

初回 BAS 19 症例の BAS 前の卵円孔の大きさは平均  $2.6 \pm 1.3$  mm であり, BAS 後平均  $8.1 \pm 1.3$  mm と拡大した ( $p < 0.01$ ).

BAS 前後で動脈血酸素飽和度は平均  $44.0 \pm 18.5$  から  $75.0 \pm 11.5\%$  まで上昇した ( $p < 0.01$ ) (Fig. 2).

BAS 後 ASD を通過する短絡血流の変化も実時



**Fig. 4. Patient with Ebstein's anomaly with supramitral ring and pulmonary atresia (Patient 17).**

4-chamber view before BAS (A) showing expanded right atrium, small left atrium and small left ventricle. The supramitral ring could not be seen in this view. 4-chamber view during BAS (B) showing the balloon between the supramitral ring and mitral valve. 4-chamber view after BAS (C) showing the left atrium and left ventricle enlarged due to increased mitral flow. The supramitral ring (arrow) was seen clearly in the enlarged left atrium.

間で観察可能であり、BAS の効果判定に有用であった。症例7のPA、症例8および9のTA、症例17のPA+Ebstein 奇形+三心房心合併症例の4例は、BAS 後に右-左短絡の増加のみが観察された。d-TGA 症例でのBAS 前の短絡血流方向は17例(80%)が左-右の一方方向性であった。しかしBAS 後は16例(77%)が両方向性の短絡血流へと変化した。

#### 症例呈示

**症例1 (Patient 19):** 日齢4日, 男児, 体重3,393 g, TGA II型

日齢1日にチアノーゼを主訴に入院。ドップラー断層心エコー図検査でd-TGA, VSDと診断。心エ

コー図上, 卵円孔が1 mm 小さく, チアノーゼが強いため, 日齢4日に心臓カテーテル検査室でX線透視およびエコーガイド併用でBASを行った。動脈血酸素飽和度がBAS前47.9から70.2%まで上昇した。BAS 施行前のドップラー心エコー図(Fig. 3A)では, 小さな卵円孔と少量の短絡血流が認められた。BAS後(Fig. 3C, D), 6 mmと十分に拡大したASDと, そこを通過する両方向性の短絡血流が観察された。

本症例はその後肺高血圧の進行防止を目的に肺動脈絞扼術を施行した。しかし肺動脈圧が十分に低下するまで肺動脈を絞扼すると, 動脈圧酸素飽和度が30%台まで低下するため, Blalock-Taussig 短絡手術を追加し, 生後76日に退院した。現在,

根治手術待機中である。

症例 2 (Patient 17): 日齢 5 日, 女児, 体重 3,331 g, Ebstein 奇形+PA+三心房心合併例

生直後より重症のチアノーゼを認め, 出生当日に入院。すぐにドップラー断層心エコー図検査を行い, Ebstein 奇形+PA と診断。ただちにリポ PGE1 を 2 ng/kg/min で投与を開始した。リポ PGE1 開始後すぐに動脈管を介して肺動脈への血流の増加がドップラー断層心エコー図検査で観察された。リポ PGE1 投与後の動脈血酸素飽和度は 53.9% であった。カテコラミン, 利尿剤を併用投与したが, 三尖弁逆流が強く, 心不全症状は増悪。再びドップラー断層心エコー図検査を行い, 卵円孔が 5 mm 程度と小さく, そこを通過する短絡血流もあまり観察されなかった (Fig. 4A)。

心房間短絡血流を増加して心不全の軽減を計る目的で BAS を計画, 日齢 5 日に X 線透視とエコーガイドの併用で BAS を施行した (Fig. 4B)。この症例は右房の拡大が著しく, 卵円孔の位置も著しく偏位していたため, 心エコー図でカテーテルの先端と卵円孔の位置を確認しながらカテーテルを操作しないと BAS は困難であった。BAS 後右-左短絡血流の増加に伴い左房が 8 から 12 mm に拡張し, 入院時に診断しえなかった三心房心が確認できた。三心房心の左房内隔壁に対しても BAS を施行, 交通口を拡張することにより, 左心室への血流増加を計ることができた (Fig. 4C)。

心エコー図で左室容量の拡張も認められた。この症例は BAS 後一時的に肝腫大などの心不全症状が軽減し, 動脈血の炭酸ガス貯留も改善, 酸素飽和度も 64.4 から 82.8% に上昇した。しかし再び心不全が悪化し, 日齢 23 日に死亡した。病理解剖により右房の著しく拡張した Ebstein 奇形+PA+PDA+三心房心の所見を得た。

## 考 察

d-TGA, PA, TA などのチアノーゼ性心疾患では, 心房間短絡により動脈血の酸素化および循環動態の維持がなされている。これらの疾患では, 心房

間交通の良好な維持が生命維持に不可欠であり, 心房間交通が不良な場合, 迅速にその拡大を計らねばならない。

1966 年 Rashkind らが BAS を開発して以来, これらの疾患の新生児期の生命維持, 呼吸循環動態の改善に BAS は X 線透視下で積極的に行われてきた<sup>1,2)</sup>。一方, 心エコー図法の発達により 1982 年 Perry ら<sup>3)</sup>は最初にエコーガイドによっても BAS の安全な施行が可能なことを報告したが, その後, とくに集中治療室での人工呼吸器管理下で心臓カテーテル検査室への輸送が困難な症例においてエコーガイドによる BAS が極めて有効であることが報告されてきた<sup>3-6)</sup>。

以前からわれわれは BAS 前後の心房内短絡血流の変化を観察, 報告してきた<sup>9,10)</sup>が, 今回は過去 6 年間にわたり, BAS を必要とするチアノーゼ性心疾患に対し, 入院時ドップラー断層心エコー図により BAS の適応を決定し, 全例ドップラー断層エコーガイド下にカテーテル操作を行い, BAS を施行してきた結果を検討することにした。

BAS 施行中はドップラー断層法により即座に拡張された ASD の大きさおよび短絡血流動態を評価し, 臨床的に十分な拡張が得られたと判断されるまで BAS を繰り返した。これらの症例は新生児期から根治手術に至るまで, ドップラー心エコー図検査を経時的に行った。

2 例においては ASD の縮小によるチアノーゼの再度悪化がみられたため, 2 回目の BAS を施行した。複雑心奇形では卵円孔の位置がカテーテルを挿入しにくい場所にあつて, 左房への挿入が困難な場合があつたり, 先端が入っている場合でもミラーのカテーテルは操作中に先端圧をモニターできなかつたりした。そのため圧によるカテーテル先端の場所の確認ができず, X 線透視だけではカテーテル先端が適切な場所にあるかどうか判断が困難な場合がある。このような場合は心エコー図検査で卵円孔とカテーテルの位置や距離を確認しながら操作することによりカテーテル操作が容易となり, また左房内でバルーンを拡張したときに

確実に位置確認ができる。そのためX線透視だけでBASを施行するよりもエコーガイドを併用したほうがBAS手技全体が安全確実なものとなりうる。逆に今回経験したEbstein奇形症例のように、心房内に複雑な奇形を合併している症例では、エコーガイドなしでX線透視だけでは卵円孔や左房内異常隔壁へのカテーテルの挿入は困難であったと考えている。

従来、エコーガイドによるBASは心臓カテーテル室へ輸送できない重症例に対して集中治療室で行われる場合が多く報告されてきた。しかし今回の検討で明らかになったように、心臓カテーテル室で行うBASに対してもドップラーエコーガイドを併用することによりBASの安全性を高めるものと考えている。

心臓カテーテル検査室への輸送が不可能な症例に対する集中治療室でのBAS施行は従来報告されているように、エコーガイド下のみにて可能である。しかしドップラー断層装置を用いることで、BASの心内血流動態に及ぼす効果を即座に評価観察することが可能であり、より優れた方法と考える。一方、集中治療室にてエコーガイドのみでBASを行う場合の注意点として、カテーテルの挿入した長さによく注意を払うことが肝要である。カテーテルを長く挿入した場合、右心房を通過して上大静脈や、左心房を通過して肺静脈までカテーテルが達することもあり、エコーのみではカテーテルの先端の確認がむずかしい場合がある。カテーテルの先端の確認なしでバルーンを拡張すると、その部位の損傷を招く可能性があり、こうした合併症を避けるためには、カテーテル挿入の深さ、カテーテル先端の確実な確認の必要がある。

## 結 論

ドップラー断層法はチアノーゼ性心疾患の診断およびBASの適応決定に有用であり、BAS施行前後の心房間短絡血流の半定量的な評価を即座に行うことができるため、BAS評価の迅速な判定にも

有用であった。X線透視下とドップラー断層エコーガイドを併用してBASを行うことにより、左房へのカテーテル挿入が容易となり、バルーンの位置確認も可能となる。結果としてBAS手技を容易とし、BASの危険性を減少させる。集中治療室でドップラーエコーガイドのみでBASを行うことは十分に可能であり、全身状態不良の症例に対しては有効であった。三心房心などの心房内奇形を有する症例に対してBASを行うときにはエコーガイドは有用不可欠であった。

## 要 約

従来BASはX線透視下で行われてきた。ドップラー心エコー図検査の発達により、エコーガイド下のみにてBASの施行が可能となってきた。乳児期早期のチアノーゼ性心疾患症例にエコーガイド下でBASを行い、臨床的な有用性と安全性について検討した。対象は大血管転位(d-TGA)15例、肺動脈閉鎖(PA)1例、三尖弁閉鎖(TA)2例、Ebstein奇形+PA+三心房心合併の1例、計19例の延べ21回施行された。ブレードによるBASが4例に行われた。入院後ドップラー断層心エコー図検査によりBASの適応を決定、心臓カテーテル室でエコーガイドおよびX線透視下でBASを行った。全身状態が不良で心臓カテーテル室への輸送が困難なd-TGAの3症例では集中治療室でエコーガイド下のみでBASが行われた。ドップラー心エコー図で心房中隔欠損が十分開存し短絡血流の増加が確認されるまでBASは行われた。心房中隔欠損は2.6から8.1mmまで拡大され、動脈血酸素飽和度は平均44から75% ( $p < 0.01$ )に上昇、肺高血圧症を合併したd-TGA1例とPAの1例では上昇が認められなかった。19例全例でBASは安全に行われた。ドップラー心エコー図検査はBASの適応決定や効果判定に極めて有用であり、エコーガイド下でバルーンの位置確認やカテーテル操作を容易にするため、BASの危険性を最小限に抑えることが可能であった。また心房内奇形を有する症例に対してはエコーガイドは有用かつ不可欠であると

小林, 許, 高索, ほか

考えられた。

文 献

- 1) Rashkind WJ, Miller WW : Creation of an atrial septal defect without thoracotomy : A palliative approach to complete transposition of the great arteries. *JAMA* **196** : 991-992, 1966
- 2) Hurwitz RA, Girod DA : Percutaneous balloon atrial septostomy in infants with transposition of great arteries. *Am Heart J* **91** : 618-622, 1976
- 3) Perry LW, Ruckman RN, Galioto FM Jr, Shapiro SR, Potter BM, Scott LP III : Echocardiographically assisted balloon atrial septostomy. *Pediatrics* **70** : 403-408, 1982
- 4) Allan LD, Leanage R, Wainwright, Joseph MC, Tynan M : Balloon atrial septostomy under two-dimensional echocardiographic control. *Br Heart J* **47** : 41-43, 1982
- 5) Henry CG, Goldring D, Hartmann AF, Weldon CS, Strauss AW : Treatment of d-transposition of the great arteries: Management of hypoxemia after balloon atrial septostomy. *Am J Cardiol* **47** : 299-306, 1981
- 6) Lin AE, Di Sessa TG, Williams RG : Balloon and blade atrial septostomy facilitated by two-dimensional echocardiography. *Am J Cardiol* **57** : 273-277, 1986
- 7) Bullaboy CA, Jennings RB, Jonson DH, Fulcher CW : Bedside balloon atrial septostomy using echocardiographic monitoring. *Am J Cardiol* **53** : 971, 1984
- 8) James BS : Two-dimensional echocardiographic-assisted balloon atrial septostomy. *in Echocardiography in Cardiac Interventions* (ed by Maurer G). McGraw-Hill, New York, 1989, pp41-89
- 9) Kyo S, Omoto R, Takamoto S, Yokote Y, Takanawa E : Echo guide balloon atrio-septostomy by color flow mapping real-time two-dimensional Doppler echo. *J Am Coll Cardiol* **5** : 453, 1985
- 10) Kyo S, Omoto R : Color flow Doppler guiding of atrial septomy. *in Echocardiography in Cardiac Interventions* (ed by Maurer G). McGraw-Hill, New York, 1989, pp49-56